

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA MEDIANTE UN
SISTEMA REMOTO DE MEDICIÓN DE ENERGÍA EN UNO DE LOS SISTEMAS
ELÉCTRICOS DE LA EMPRESA VAJILLAS CORONA.**

**COLORADO HERNÁNDEZ JUAN DAVID
ZAPATA LÓPEZ JUAN ESTEBAN**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELÉCTRICA
MEDELLÍN
2025**

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA MEDIANTE UN
SISTEMA REMOTO DE MEDICIÓN DE ENERGÍA EN UNO DE LOS SISTEMAS
ELÉCTRICOS DE LA EMPRESA VAJILLAS CORONA.**

**COLORADO HERNÁNDEZ JUAN DAVID
ZAPATA LÓPEZ JUAN ESTEBAN**

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista

Asesor

Mateo Rico García

Maestría en automatización y control industrial

José Ricardo Velasco Méndez

P.h.d en educación

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELÉCTRICA
MEDELLÍN**

2025

Contenido

	Pág.
1. Planteamiento del problema	8
1.1 Descripción.....	8
1.2 Formulación	8
2. Justificación	9
3. Objetivos.....	10
3.1 Objetivo General	10
3.2 Objetivos específicos.....	10
4. Referentes teóricos	11
4.1 ISO 50002 - Auditoría energética	11
4.2 Uso Racional de la Energía en Colombia.....	15
4.3 Variables Eléctricas.....	17
4.4 Indicadores KPI en la Gestión Energética.....	20
4.5 IoT Energético.....	21
5. Metodología.....	24
5.1 Tipo de proyecto.....	24
5.2 Método	24
5.3 Instrumentos de recolección de información.	25
5.3.1 Fuentes primarias.....	25
5.3.2 Fuentes secundarias.	25
6. Resultados.....	26
6.1 Alcance de la auditoría.....	26
6.2 Áreas de trabajo.....	27
6.2.1 Horno 6.....	27
6.2.2 Área de Pasillos y Automática.....	27

6.2.3 Celda 1 y Entrada horno 6	28
6.2.4 Are de Celda 2 / Nogales	29
6.2.5 Área RAM.	30
6.2.7 Talleres mecánicos	31
6.3 Tipos de luminarias instaladas	31
6.4 Tablero de distribución del circuito de iluminación.....	33
6.4.3 Interruptores de circuitos.	34
6.5 Recolección de información de los equipos	34
6.5.1 Medición de energía en medidor Schneider IEM 3155	35
6.5.2 Horario de trabajos y turnos.	39
6.6 Instalación y configuración del medidor.....	41
6.6.1. Diagrama de conexión en borneras medidor de energía.....	41
6.6.2 Validación de medida en equipo	43
6.6.3 comunicación con el servidor Google.	44
6.7 Captura de datos	45
6.7.1 Análisis grafica de corrientes.	45
6.7.2 Análisis energía activa.....	47
6.7.3 Grafica factor de potencia.....	48
6.7.4 Grafica Potencia activa vs aparente.....	49
6.8 Informe técnico y oportunidades de mejora	51
6.8.1 Actual distribución de las luminarias en Automáticas y pasillos	51
6.8.2 Propuestas de redistribución de luminarias.	52
6.9 Actual distribución iluminación Horno 6.....	55
6.9.1 Propuesta iluminación horno 6	56
6.9.2 Grafica costo actual vs el circuito proyectado.....	57
6.10 Actual distribución Iluminación Circuito RAM.....	58
6.10.1 Propuesta iluminación circuito RAM	59
6.11 Eficiencia de luminarias	61
7. Conclusiones.....	62

8.	Recomendaciones	64
9.	Referencias Bibliográficas.....	65

Lista de figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Ciclo de etapas de una auditoria energética según la norma ISO 50002.....	12
<i>Figura 2.</i> Resumen del consumo de energéticos.....	14
<i>Figura 3.</i> Reducción de consumo energético sobre escenario tendencial.....	17
<i>Figura 4.</i> Área horno 6.....	27
<i>Figura 5.</i> Pasillos y Automática.....	28
<i>Figura 6.</i> Área Celda 1.....	29
<i>Figura 7.</i> Área de Celda 2 / Nogales.....	30
<i>Figura 8.</i> Área de RAM.....	30
<i>Figura 9.</i> Luminaria led High Bay GC015.....	31
<i>Figura 10.</i> Luminaria led High Bay GC015.....	31
<i>Figura 11.</i> Luminaria T5 25w.....	32
<i>Figura 12.</i> Luminaria T5 60w.....	32
<i>Figura 13.</i> Luminaria T5 18w.....	33
<i>Figura 14.</i> Tablero de distribución.....	34
<i>Figura 15.</i> Gráfica inventario de equipos.....	35
<i>Figura 16.</i> Lectura 1 medidor Schneider 22/09/2025.....	35
<i>Figura 17.</i> Lectura 2 medidor Schneider 23/09/2025.....	36
<i>Figura 18.</i> Lectura 3 medidor Schneider 24/09/2025.....	36
<i>Figura 19.</i> Lectura 4 medidor Schneider 24/09/2025.....	36
<i>Figura 20.</i> Lectura 5 medidor Schneider 26/09/2025.....	37
<i>Figura 21.</i> Gráfica de Kwh/día con medición en Schneider IEM 3155.....	38
<i>Figura 22.</i> Gráfica precio energía al mes y año.....	38
<i>Figura 23.</i> Diagrama de conexión en borneras para medidor de energía.....	41
<i>Figura 24.</i> Instalación de medidor de energía.....	42
<i>Figura 25.</i> Transformadores de corriente.....	43
<i>Figura 26.</i> Corriente en medidor.....	43
<i>Figura 27.</i> Corrientes con piza amperimétrica.....	44
<i>Figura 28.</i> Gateway.....	44
<i>Figura 29.</i> Gráfica de corrientes.....	45

<i>Figura 30.</i> Grafica de energía.....	47
<i>Figura 31.</i> Grafica de factor de potencia.....	48
<i>Figura 32.</i> Grafica de potencias.....	49
<i>Figura 33.</i> Grafica precio energía al mes y año	51
<i>Figura 34.</i> Redistribución de circuitos	52
<i>Figura 35.</i> Grafica costo actual vs proyectado.....	55
<i>Figura 36.</i> Grafica costo mensual actual vs proyectado	57
<i>Figura 37 .</i> Distribución actual del circuito de la RAM.....	58
<i>Figura 38.</i> Distribución recomendada para el circuito de la RAM.....	59
<i>Figura 39.</i> Costo mensual vs proyectado circuito RAM.....	61
<i>Figura 40.</i> Eficiencia de luminarias	61
<i>Figura 41.</i> Ahorro mensual	62
<i>Figura 42.</i> Ahorro anual.....	62

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Consumo de energía y demanda de potencia en un periodo analizado</i>	14
Tabla 2. <i>Datos luminaria 100w</i>	31
Tabla 3. <i>Datos luminaria 12w</i>	32
Tabla 4. <i>Datos luminaria 25w</i>	32
Tabla 5. <i>Datos luminaria 50w</i>	33
Tabla 6. <i>Datos luminaria 2x18w</i>	33
Tabla 7. <i>Capacidad de interruptores</i>	34
Tabla 8. <i>Medición 1 de consumo en Schneider IEM 3155</i>	37
Tabla 9. <i>Horarios Horno 6</i>	39
Tabla 10. <i>Horarios Nogales</i>	39
Tabla 11. <i>Pasillos y Automática</i>	39
Tabla 12. <i>Horarios Celda 1</i>	40
Tabla 13. <i>Horario Celda 2</i>	40
Tabla 14. <i>Horario Celda 3</i>	40
Tabla 15. <i>Consumo actual circuito Pasillo y Automática</i>	53
Tabla 16. <i>Proyección circuito Pasillo y automática</i>	54
Tabla 17. <i>Circuito horno 6 actual</i>	55
Tabla 18. <i>Proyección del circuito horno 6</i>	56
Tabla 19. <i>Consumos actuales circuito RAM</i>	60
Tabla 20. <i>Consumo proyectado circuito RAM</i>	60

Resumen

Implementación de una auditoría energética mediante un sistema remoto de medición de energía en uno de los sistemas eléctricos de la empresa Vajillas Corona

Colorado Hernández Juan David

Zapata López Juan Esteban

El presente trabajo de grado tiene como propósito la implementación de una auditoría energética en la empresa Vajillas Corona, enfocada en el análisis y optimización del consumo de energía eléctrica en procesos industriales. La metodología aplicada incluyó la instalación de un sistema de medición remota y la recopilación de datos en tiempo real, permitiendo identificar patrones de consumo, ineficiencias y proponer estrategias para el uso racional y eficiente de la energía. Los resultados evidenciaron oportunidades para mejorar la gestión energética, reducir costos operativos y cumplir con la normativa colombiana.

Adicionalmente, lo más relevante de obtener la medición remota de este proceso fue la capacidad de convertir un medidor de energía convencional en un dispositivo con funciones similares a un analizador energético, capaz de registrar variables en tiempo real a través de la nube. Esta integración demostró cómo el uso de tecnologías IoT facilita el seguimiento continuo de indicadores clave de desempeño energético, permitiendo tomar decisiones oportunas para mejorar la eficiencia de los procesos industriales. Asimismo, lo más novedoso fue la profundización e identificación de oportunidades para lograr un ahorro consciente y eficiente. El estudio permitió evidenciar mejoras potenciales en el control y la gestión de la energía, optimizar cargas, corregir ineficiencias y promover prácticas de uso racional de la energía.

Palabras claves: auditoría energética, medición remota, consumo, eficiencia

Abstract

The purpose of this undergraduate thesis is the implementation of an energy audit at the company Vajillas Corona, focused on analyzing and optimizing the consumption of electrical energy in industrial processes. The applied methodology included the installation of a remote measurement system and the collection of real-time data, allowing the identification of consumption patterns, inefficiencies, and the proposal of strategies for the rational and efficient use of energy. The results revealed opportunities to improve energy management, reduce operating costs, and comply with Colombian regulations.

Additionally, the most relevant aspect of achieving remote measurement in this process was the ability to transform a conventional energy meter into a device with functions similar to an energy analyzer, capable of recording variables in real time through the cloud. This integration demonstrated how the use of IoT technologies facilitates continuous monitoring of key energy performance indicators, enabling timely decision-making to improve the efficiency of industrial processes. Likewise, the most innovative element was the in-depth analysis and identification of opportunities to achieve conscious and efficient energy savings. The study made it possible to demonstrate potential improvements in energy control and management, optimize loads, correct inefficiencies, and promote practices for the rational use of energy.

Keywords: *energy audit, remote measurement, consumption, efficiency*

Glosario

Auditoría Energética: proceso sistemático que analiza el uso y consumo de energía en una organización para identificar oportunidades de mejora y optimización.

Consumo de Energía: cantidad total de energía utilizada por un sistema durante un periodo específico.

Eficiencia Energética: relación entre el resultado obtenido y la cantidad de energía consumida para lograrlo.

Factor de Potencia: indicador de qué tan eficientemente se utiliza la energía eléctrica, siendo 1 el valor óptimo.

IoT Energético: aplicación de dispositivos interconectados (Internet de las Cosas) en la medición y gestión del consumo energético.

Medición Remota: técnica de captura de datos operativos en tiempo real desde dispositivos conectados a distancia, facilitando el monitoreo y análisis energético.

Introducción

El presente proyecto tiene como propósito la implementación de una auditoría energética en la empresa Vajillas Corona, enfocada exclusivamente en el consumo de energía eléctrica en sus procesos industriales. La realización de este trabajo se justifica en la necesidad de reducir consumos innecesarios, optimizar los procesos productivos, disminuir costos asociados a la energía y cumplir con la normativa colombiana, al tiempo que se fortalecen los compromisos de sostenibilidad ambiental del sector industrial.

El proyecto está concebido como una estrategia de monitoreo y análisis, basada en el uso de medidores remotos en tiempo real y el procesamiento sistemático de datos mediante herramientas digitales, con el fin de identificar y cuantificar los principales consumos eléctricos. A partir de esta información se elaborará un informe técnico con recomendaciones específicas para el uso racional y eficiente de la energía.

La metodología contempla: recopilación de información documental, instalación de equipos de medición remota, monitoreo continuo de variables eléctricas, análisis de datos mediante herramientas digitales y elaboración del informe final con indicadores clave de consumo y propuestas de mejora.

El alcance del proyecto se limita al análisis de la energía eléctrica en circuitos seleccionados de la planta principal, excluyendo otras fuentes como gas o combustibles líquidos. Las limitaciones están determinadas por la infraestructura disponible para la instalación de medidores, la calidad de los datos históricos y la disponibilidad de recursos tecnológicos para el procesamiento de información.

1. Planteamiento del problema

1.1 Descripción

La División de Mesa Servida de la empresa Vajillas Corona produce vajillas de alta calidad desde 1881, posicionándose como uno de los fabricantes más grandes en el continente americano. A través de las marcas Vajillas Corona y LC, la compañía comercializa líneas de productos tanto para el hogar como para el sector institucional, abarcando hoteles y restaurantes (Corona, 2022).

Debido a su alta demanda energética, Vajillas Corona participa en el mercado no regulado de energía, lo que implica la necesidad de un control riguroso sobre sus consumos eléctricos. Actualmente, se presenta una problemática común en muchas empresas industriales: la pérdida de energía y la falta de control efectivo en los sistemas eléctricos, las máquinas y los procesos, en ocasiones también por falta de capacitación del personal operativo.

En consecuencia, se hace fundamental la implementación de estrategias de eficiencia energética que estén alineadas con estándares internacionales, como lo establece la norma ISO 50001: “Para las organizaciones comprometidas a abordar su impacto, conservar recursos y mejorar el resultado final a través de una gestión energética eficiente” (ISO, 2018). Para avanzar hacia este objetivo, es necesario realizar una auditoría energética que permita identificar los principales factores de consumo, detectar oportunidades de mejora y promover un uso racional y optimizado de la energía eléctrica dentro de la compañía.

1.2 Formulación

¿Cómo puede la integración de tecnologías de medición remota facilitar la auditoría energética en tiempo real?

2. Justificación

La implementación de una auditoría energética mediante el monitoreo en tiempo real de variables eléctricas es una estrategia fundamental para optimizar el consumo de energía eléctrica en la empresa Vajillas Corona. Actualmente, muchas industrias enfrentan altos costos energéticos, ineficiencias operativas y dificultades para detectar a tiempo desviaciones o fallas eléctricas. Este proyecto responde a la necesidad de mejorar la gestión energética mediante el uso de tecnologías avanzadas como medidores remotos y herramientas de analítica de datos.

El análisis continuo y automatizado del consumo permite identificar patrones de uso, detectar sobrecargas, pérdidas técnicas y no técnicas, y generar reportes inteligentes que sirvan como base para tomar decisiones de mejora. Además, al contar con una línea base energética confiable, la empresa podrá establecer planes de acción enfocados al uso racional de la energía, cumpliendo con normativas ambientales, estándares de sostenibilidad y reduciendo la huella de carbono.

La implementación del proyecto beneficiará directamente al personal técnico y operativo, al proporcionarles herramientas precisas para monitorear el consumo eléctrico en tiempo real y facilitar la detección temprana de fallas. A nivel organizacional, toda la empresa Vajillas Corona se verá favorecida por la optimización de los recursos energéticos, reduciendo costos operativos y mejorando la eficiencia de los procesos. Además, desde una perspectiva más amplia, la sociedad en general se beneficia al promoverse prácticas industriales más sostenibles, con un menor impacto ambiental y una contribución significativa al uso responsable de la energía.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Implementar una auditoría energética en la empresa Vajillas Corona mediante el monitoreo en tiempo real de las variables eléctricas con medidor remoto aplicando analítica de datos para la generación de un informe de uso racional de la energía eléctrica.

3.2 Objetivos específicos

Establecer la línea base de la auditoría energética a partir del historial de consumo de energía y otras variables eléctricas, incluyendo la caracterización de los circuitos seleccionados.

Implementar un sistema de medición remota utilizando herramientas de Google como hojas de cálculo, que permita la recolección y análisis de datos para determinar indicadores clave de desempeño energético.

Formular un informe de auditoría con recomendaciones enfocadas en la optimización de los consumos eléctricos y el uso racional de la energía dentro de la empresa Vajillas Corona.

4. Referentes teóricos

4.1 ISO 50002 - Auditoría energética

La norma ISO 50002 publicada en 2014 establece el conjunto mínimo de requisitos para identificar las oportunidades de mejora del desempeño energético. Según esta norma, una auditoría energética comprende un análisis del desempeño energético de una organización, equipo, sistema(s) o proceso(s). Está basada en una medición y observación apropiadas del uso de la energía, eficiencia energética y consumo. Las auditorías energéticas se planifican y realizan como parte de la identificación y priorización de oportunidades para mejorar el desempeño energético y reducir el desperdicio de energía.

Los resultados de la auditoría incluyen información sobre el consumo y desempeño actuales de la energía, y proporcionan recomendaciones priorizadas para la mejora en términos de desempeño energético y beneficios financieros. La parte principal de esta norma cubre los requisitos generales y el marco común para todas las auditorías energéticas, que pueden ser complementadas por normas de auditoría nacionales equivalentes.

4.1.1 Auditoría energética. Una auditoría energética es el análisis sistemático del uso y consumo de energía dentro del alcance definido de la auditoría, con el fin de identificar, cuantificar e informar sobre las oportunidades para mejorar el desempeño energético. (ISO 50002, 2014)

4.1.2 Etapas de una auditoría energética. La auditoría energética debe realizarse bajo principios que aseguren su coherencia y utilidad para la mejora del desempeño energético. En primer lugar, la auditoría debe ser coherente con el alcance, los límites y los objetivos previamente establecidos. Además, las mediciones y observaciones deben ser apropiadas a los usos y consumos de energía dentro del sistema evaluado. Es esencial que los datos recopilados sobre el desempeño energético sean representativos de las actividades, procesos, equipos y sistemas involucrados. También se requiere que los datos utilizados para cuantificar el desempeño e identificar oportunidades de mejora sean consistentes y únicos. El proceso de

recopilación, validación y análisis debe ser trazable, garantizando su integridad y confiabilidad. Finalmente, el informe generado debe incluir oportunidades de mejora sustentadas en un análisis técnico y económico apropiado.

4.1.3 Etapas de una auditoría energética. El proceso de auditoría energética se compone de varias etapas definidas que permiten organizar de forma ordenada el desarrollo del trabajo, facilitando la identificación, el análisis y la documentación en cada parte del proceso.

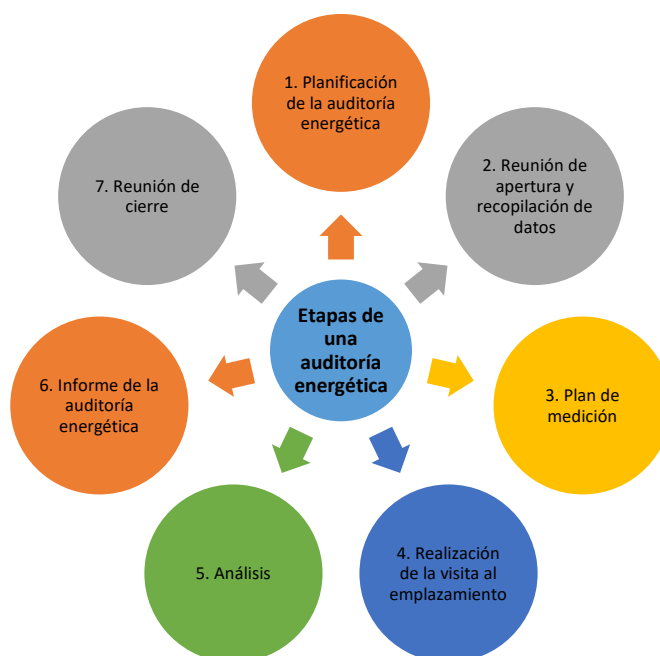


Figura 1. Ciclo de etapas de una auditoría energética según la norma ISO 50002
Fuente. Diseño propio basado en ISO (2014).

4.1.4 Tipos de auditoría energética. Según la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE/IES Standard 100-2015) los niveles de esfuerzo de una auditoría se distinguen de acuerdo con la siguiente clasificación: (Ministerio de Hidrocarburos y Energías, octubre 2022)

Auditoría nivel 1. Auditoría preliminar en la cual se realiza un análisis cualitativo de la institución a ser auditada. Se basa en la comparación de los consumos históricos de energía y, generalmente, se identifican medidas de bajo costo.

Auditoría nivel 2. Se trata de una auditoría detallada que incluye el establecimiento de una línea base (mediciones), sobre la cual se efectúan las recomendaciones y se calcula el ahorro de energía y el ahorro económico. Las recomendaciones tienen alto potencial de ahorro.

Auditoría nivel 3. Auditoría especial, basada en un enfoque de desarrollo de proyectos minimización de riesgos que incluye, principalmente: el costo real del proyecto, el desarrollo de las medidas nivel de ingeniería preliminar, medición del consumo energético por hora, análisis económico financiero.

4.1.5 Contenido de auditoría. Según el Ministerio de Hidrocarburos y Energías (2022), una auditoría energética debe presentar de forma clara y resumida la información más importante del análisis. En cuanto a las recomendaciones, es clave que incluyen estimaciones de ahorro energético, beneficios económicos, costos asociados a su implementación y el tiempo esperado para recuperar la inversión realizada. Una auditoría debe contener un breve resumen de los resultados obtenidos:

Análisis del consumo de energía, demanda de potencia y costos relacionados. En este punto, entre otros, se debe detallar el análisis de la cantidad de energía que se consume y realizar un análisis de la demanda de potencia y el factor de potencia (en los casos que aplique). El texto que describe el análisis debe ser claro y concreto, no es necesario realizar descripciones extensas, la aplicación de tablas y gráficos es importante para que el lector entienda el comportamiento del consumo y el costo de la energía.

Tabla 1.

Consumo de energía y demanda de potencia en un periodo analizado.

Días	Mes	Consumo Energía [kWh]	Potencia Leída [kW]	Potencia Facturada [kW]	Factor de Carga
31	agosto	8	46.8	47	0.23
30	septiembre	6,8	29.2	47	0.32
31	octubre	7,96	36.4	47	0.29
30	noviembre	8,44	50.4	50	0.23
31	diciembre	8,76	56.0	56	0.21
31	enero	7,76	56.0	56	0.19
28	febrero	7,04	56.0	56	0.19
31	marzo	7,12	56.0	56	0.17
30	abril	7,52	56.0	56	0.19
31	mayo	7,08	56.0	56	0.17
30	junio	7	33.2	56	0.29
31	julio	8	38.0	56	0.28
TOTAL		91,48			
Promedio		7,623	47.5	53.3	0.23

Fuente. Diseño propio con base en la tabla 8 del Ministerio de Hidrocarburos y Energías (2022).

Identificación y análisis de usos de energía. En esta sección se debe mostrar cómo se procesó la información recolectada durante la auditoría. Lo ideal es organizar los datos en cuadros y gráficos que ayuden a visualizar con claridad cuáles son los puntos o equipos que más energía consumen dentro del sistema evaluado.

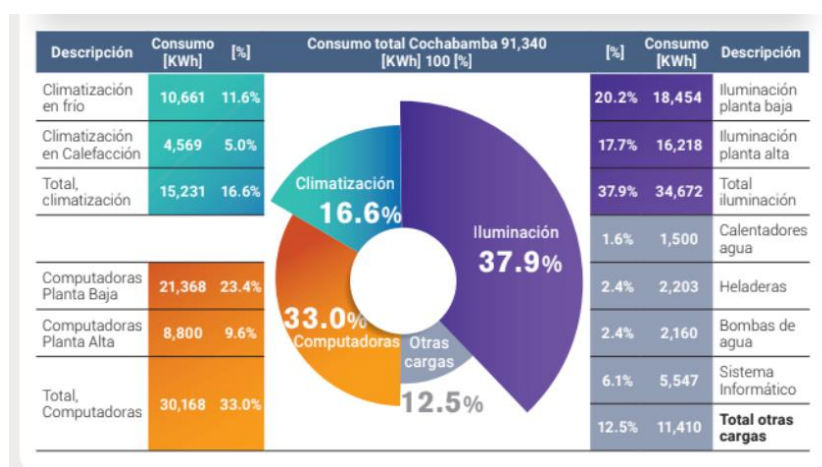


Figura 2. Resumen del consumo de energéticos

Fuente. Ministerio de Hidrocarburos y Energías, octubre 2022

Oportunidades de mejora. Para el planteamiento de las oportunidades de mejora es necesario describir la situación actual, identificando claramente el problema a solucionar. Luego es necesario describir la mejora que se está proponiendo y los cálculos de los ahorros económicos y energéticos que se pueden lograr.

Sugerencias en relación con la implementación de oportunidades de mejora. Aquí se propone cómo implementar las oportunidades de mejora, mientras que en el numeral 2 se identifica y justifica las mejoras.

Antecedentes. Es necesario también incluir una pequeña descripción de la institución, que incluya el rubro de actividad, su ubicación, una breve descripción de sus actividades o giro empresarial, el personal que trabaja, más los detalles estrictamente necesarios.

4.2 Uso Racional de la Energía en Colombia

El Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) se ha convertido en una de las estrategias fundamentales para poder mejorar la sostenibilidad del sistema energético en Colombia, no solo desde la perspectiva ambiental, sino que también económica y técnica. Esta visión ha tomado forma concreta a través de un Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas no convencionales (PROURE), una política de estado liderada por el Ministerio de Minas y Energía. (UPME, 2022)

Este programa actúa como hoja de ruta para promover tecnologías más eficientes, reducir la intensidad energética nacional (es una relación entre consumo y PIB) y optimizar el uso de recursos en todos los sectores, tanto industrial, como residencial, comercial, público y de transporte. La eficiencia energética implica no solo reducir el consumo, sino optimizarlo mediante las tecnologías adecuadas, sin afectar la calidad del servicio o su producción, con beneficios directos sobre la competitividad empresarial, la reducción de emisiones y el cumplimiento de compromisos climáticos internacionales.

El PROURE opera a través del Plan de Acción Indicativo 2022–2030 (PAI–PROURE), el cual fija unas metas cuantificables: una reducción acumulada de 1.688 petajulios (PJ) en consumo energético y una mitigación de 87,22 millones de toneladas de CO₂ para 2030. En cuanto a intensidad energética, se espera un salto del 31 % en 2019 al 41 % en 2030 (UPME, 2022).

Para alcanzar estos objetivos, el programa plantea cuatro líneas estratégicas de acción: Eficiencia en la demanda eléctrica, eficiencia térmica, Uso de energéticos alternativos, Eficiencia en el transporte. Estas líneas se traducen en medidas prácticas como la renovación de equipos obsoletos, modernización de sistemas industriales, implementación de estándares técnicos (como RETIQ y RETILAP), y promoción de la movilidad eléctrica. A la vez, el programa podría incorporar mecanismos de apoyo como incentivos tributarios, líneas de financiación y formación de gestores energéticos, mediante el sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) para llevar el control.

Este programa es altamente compatible con la auditoría energética, ya que comparten el objetivo de identificar y priorizar oportunidades de mejora. La auditoría es una herramienta clave para la ejecución del PROURE, al permitir la evaluación técnica precisa del desempeño energético de instalaciones, establecer las líneas base y justificar las medidas para mejorar la eficiencia.

Además, se resalta que muchas de las acciones propuestas en el PAI–PROURE tienen un buen resultado en el análisis beneficio–costo: en promedio, por cada peso invertido se obtiene más del doble en beneficios, ya sea por ahorro de energía, ahorro económico o reducción de emisiones (UPME, 2022). Esto demuestra que el programa no solo es viable desde el punto de vista técnico, sino también rentable, y respalda su aplicación en procesos de auditoría donde se busca tomar decisiones informadas con base en datos concretos.

Durante el periodo 2022–2030, se proyecta un ahorro energético acumulado de aproximadamente 1.688 petajulios (PJ), equivalente al 10% del consumo total bajo un escenario tendencial. Esta reducción se distribuye entre los distintos sectores como se muestra en la figura.

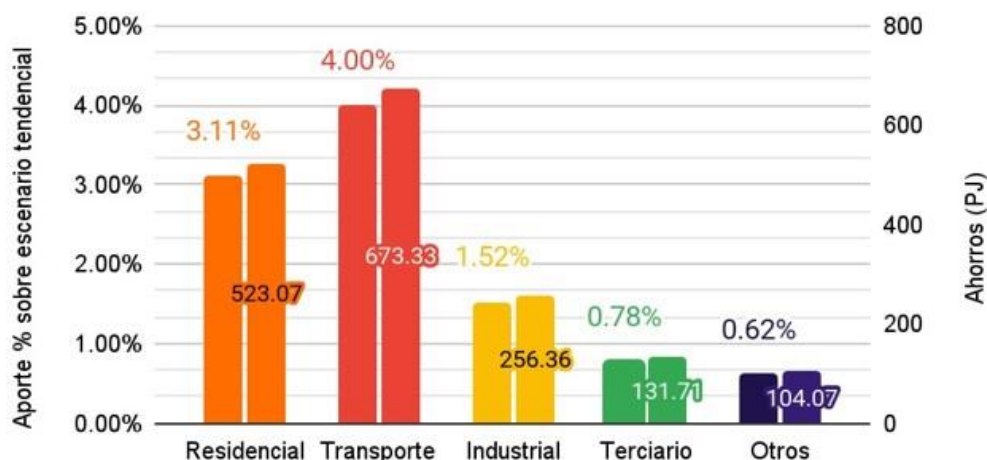


Figura 3. Reducción de consumo energético sobre escenario tendencial
Fuente. Ministerio de Hidrocarburos y Energías, octubre 2022

Estos datos evidencian que los mayores retos y oportunidades en términos de eficiencia energética se concentran principalmente en el sector transporte, debido al envejecimiento del parque automotor; en el ámbito residencial, por el uso de leña como fuente de energía; en zonas rurales; y en la industria, específicamente en procesos que involucran generación de calor tanto directo como indirecto.

El PROURE no solo representa una política nacional en eficiencia energética, sino que también ofrece una base metodológica y estratégica que complementa e impulsa los procesos de auditorías energéticas. Su implementación permite cerrar el ciclo entre diagnóstico, intervención y seguimiento, que favorece una cultura energética más técnica, sostenible y rentable en el país. Dado que la empresa auditada pertenece al sector industrial, uno de los principales enfoques del PROURE, su vinculación con estas estrategias resulta clave para alcanzar los ahorros energéticos proyectados a nivel nacional.

4.3 Variables Eléctricas

Las variables eléctricas fundamentales en los sistemas de energía incluyen la tensión (voltaje), la corriente, la potencia y el factor de potencia. Estas magnitudes permiten caracterizar el comportamiento eléctrico de una instalación y son esenciales para el análisis y la optimización del consumo energético.

Las variables eléctricas son magnitudes físicas que describen el comportamiento y estado de los sistemas eléctricos. Su medición y análisis proporcionan información esencial para evaluar la calidad y eficiencia del suministro eléctrico.

4.3.1 variables eléctricas relevantes. Algunas variables relevantes son:

Tensión (voltaje). Es la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos de un circuito, medida en voltios (V). Representa la fuerza que impulsa a los electrones a través de un conductor. La tensión es la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos de un circuito, responsable de generar el movimiento de electrones que conforman la corriente eléctrica. Se mide en voltios (V) y puede presentarse en forma continua (DC) o alterna (AC). En instalaciones industriales, la tensión nominal debe cumplir con estándares que aseguren estabilidad y seguridad en los procesos.

Corriente. Carga eléctrica que circula por un conductor, medido en amperios (A). Depende directamente de la tensión aplicada y de la resistencia del circuito (López Gómez, 2014). La corriente eléctrica representa el flujo de carga eléctrica que circula por un conductor en unidad de tiempo, medida en amperios (A). La magnitud y la forma de la corriente determinan el tipo de carga y el comportamiento del sistema eléctrico. El monitoreo adecuado de la corriente permite detectar sobrecargas, cortocircuitos y otros problemas que afectan la eficiencia energética.

Resistencia. Es la oposición que presenta un material al paso de la corriente eléctrica, medida en ohmios (Ω). Depende de las propiedades físicas del conductor, su temperatura y longitud. La resistencia provoca pérdidas de energía en forma de calor, afectando la eficiencia del sistema.

Potencia eléctrica. Es la tasa a la cual se transfiere o consume energía eléctrica en un circuito. Se calcula como el producto de la tensión por la corriente ($P = V \times I$) y se mide en vatios (W). Esta magnitud representa la velocidad con la que se transforma o utiliza la energía en un sistema. En términos generales, se clasifica en tres tipos: la potencia activa, que es la energía útil consumida para realizar trabajo; la potencia reactiva, que corresponde a la energía almacenada

temporalmente en campos eléctricos o magnéticos y que, aunque no realiza trabajo útil, afecta la calidad del suministro; y la potencia aparente, que resulta de la combinación vectorial de la potencia activa y reactiva y se expresa en voltamperios (VA). El correcto balance y control de estas potencias es clave para evitar penalizaciones y mejorar la eficiencia energética dentro de la empresa.

Factor de potencia (FP). Es la relación entre la potencia activa (utilizada efectivamente en el trabajo útil) y la potencia aparente (total suministrada). Un factor de potencia cercano a 1 indica una utilización eficiente de la energía, mientras que valores bajos reflejan pérdidas debido a componentes reactivos en el sistema (Dielco, 2020).

Estas variables son interdependientes y su monitoreo permite identificar oportunidades de mejora en la eficiencia energética de las instalaciones.

4.3.2 Normativa aplicable. Para garantizar que estas variables se midan y analicen bajo estándares internacionales y nacionales, se recomienda acatar las siguientes normativas: NTC 2050 - Código Eléctrico Colombiano (1998): Establece los lineamientos para el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas eléctricos seguros y eficientes en Colombia. IEC 61000-4-30 (2015): Norma internacional que define los métodos de medición para la calidad del suministro eléctrico, incluyendo parámetros como voltaje, corriente, potencia y armónicos. Estas normas aseguran la confiabilidad y precisión de los datos recopilados, requisito indispensable para una auditoría energética rigurosa.

4.3.3 Términos y definiciones. Según la norma ISO 50001 (2011), el consumo de energía se define como la cantidad total de energía utilizada dentro de un sistema (ISO 50001:2011, 3.7). La eficiencia energética, por su parte, hace referencia a la relación cuantitativa entre los resultados obtenidos (como productos, servicios o desempeño) y la cantidad de energía invertida en el proceso (ISO 50001:2011, 3.8). Esta relación se expresa comúnmente como eficiencia de conversión, considerando valores como energía requerida frente a energía utilizada, o salida frente a entrada. Para que este cálculo sea útil, es necesario que tanto la entrada como la salida estén claramente especificadas en términos de cantidad y calidad, y que además sean medibles.

La misma norma también define el flujo energético como el mapeo o descripción de los procesos mediante los cuales se transfiere o convierte la energía dentro del alcance de una auditoría. El desempeño energético se entiende como los resultados medibles relacionados con el uso, consumo y eficiencia de la energía. Finalmente, el uso de la energía hace referencia a su aplicación dentro de un sistema, como por ejemplo en procesos de ventilación, iluminación, calefacción, refrigeración, transporte o producción industrial (ISO 50001:2011, 3.18).

4.4 Indicadores KPI en la Gestión Energética

Antes de tratar los indicadores energéticos, es necesario entender el concepto general de indicador clave de desempeño, conocido como KPI por sus siglas en inglés. Un KPI es una herramienta que permite medir si un proceso está cumpliendo con los objetivos definidos. Estos indicadores permiten identificar desviaciones a tiempo y tomar decisiones correctivas sin comprometer la calidad ni los costos. También son útiles para evaluar el rendimiento de un sistema desde un enfoque estratégico, táctico u operativo (Ortiz Buitrago y Pardo López, 2021).

En una auditoría energética, uno de los elementos fundamentales es disponer de indicadores que permitan cuantificar el consumo y la eficiencia. Estos se conocen como Indicadores de Desempeño Energético (IDE) y hacen parte del enfoque propuesto por la norma ISO 50001. Su función es identificar oportunidades de mejora, hacer seguimiento a los consumos más relevantes y evaluar el impacto de las acciones implementadas (ISO, 2014).

Los IDE deben compararse con una Línea Base Energética (LBE), que sirve como punto de referencia. Para que el análisis sea útil, los indicadores deben considerar variables que afectan el consumo, pero no pueden ser controladas directamente, como el volumen de producción, la temperatura ambiental o la cantidad de turnos. Por esto, es necesario normalizar los datos (ISO, 2014).

Estos indicadores pueden expresarse como consumo específico, por ejemplo, kilovatios hora por unidad producida. También pueden construirse mediante herramientas como el Índice Base

100 o gráficos de desviación acumulada, que permiten visualizar el comportamiento del consumo y detectar desviaciones a tiempo (UPME, 2022).

Los IDE pueden clasificarse según su propósito en niveles estratégicos, tácticos u operativos. Esta jerarquización facilita su aplicación dentro de procesos industriales o proyectos complejos, y es especialmente útil en auditorías energéticas que buscan priorizar medidas de mejora en distintos niveles (Ortiz Buitrago y Pardo López, 2021).

Tener definidos los IDE desde el inicio facilita la interpretación de datos, permite enfocar los análisis sobre las cargas críticas y da claridad en la presentación de resultados. Estos indicadores son claves para justificar inversiones, proponer correcciones y hacer seguimiento a las mejoras implementadas. También permiten conectar los datos técnicos con la toma de decisiones.

4.5 IoT Energético

El Internet de las Cosas (IoT) aplicado al sector energético, conocido como IoT Energético, implica la integración de dispositivos y sensores conectados a internet para monitorear, controlar y optimizar el consumo de energía en tiempo real. Esta tecnología permite la recopilación y análisis de datos energéticos, facilitando la toma de decisiones informadas para mejorar la eficiencia y reducir costos (Inycom, s.f.).

Los sistemas basados en IoT permiten el monitoreo en tiempo real, ya que recopilan datos continuos sobre variables eléctricas, facilitando la detección de anomalías y el análisis del consumo energético. También permiten la automatización inteligente, ajustando el funcionamiento de equipos y sistemas según las condiciones operativas, lo que mejora la eficiencia y reduce desperdicios (Alai Secure, 2023). Además, se integran con plataformas como hojas de cálculo y tableros de control, permitiendo el seguimiento histórico de indicadores clave de desempeño.

El uso del IoT energético no solo apoya la toma de decisiones en tiempo real, también contribuye con la sostenibilidad, al facilitar la gestión eficiente de los recursos y la reducción de

los costos operativos. Para su implementación se requiere garantizar una red segura y confiable, que respalde la calidad y trazabilidad de los datos utilizados en informes técnicos y propuestas de mejora.

4.5.1 Aplicaciones en auditorías energéticas. En el ámbito energético, el IoT posibilita la monitorización continua de variables eléctricas y ambientales, facilitando la detección temprana de anomalías y el control eficiente del consumo. En sectores industriales como la cerámica, donde se utilizan equipos con alta demanda energética como hornos y compresores, el IoT permite aplicar mantenimiento predictivo, detectando comportamientos anómalos que podrían afectar la eficiencia o generar paros imprevistos.

Su implementación también fortalece el proceso de auditoría energética, al permitir una recolección automática y continua de datos, alineándose con los principios establecidos en la norma ISO 50002.

4.5.2 Arquitectura IoT y estándares técnicos aplicables. Para garantizar la interoperabilidad, seguridad y escalabilidad de los sistemas IoT aplicados a la energía, existen estándares internacionales como:

ISO/IEC 30161-1:2020. Define requisitos y arquitectura para plataformas de intercambio de datos en servicios IoT, facilitando la integración de dispositivos heterogéneos.

ISO/IEC 21823-4:2022. Establece pautas para la interoperabilidad semántica, asegurando que los datos compartidos sean comprensibles y utilizables entre diferentes sistemas.

Además, la gestión energética bajo estándares como la ISO 50001:2018 incorpora el uso de tecnologías IoT para establecer un sistema de gestión enfocado en la mejora continua del desempeño energético.

4.5.3 Herramientas utilizadas (medición remota, análisis predictivo, integración con Google Sheets). Algunos beneficios y herramientas que ofrece el IoT en auditorías energéticas incluyen:

Medición remota. Los medidores inteligentes envían datos en tiempo real a plataformas en la nube, eliminando la necesidad de lecturas manuales.

Análisis predictivo. Mediante algoritmos de inteligencia artificial, se pueden anticipar fallos o picos de consumo.

Optimización de recursos. Permite ajustar operaciones para maximizar la eficiencia energética y reducir costos.

Integración con plataformas. Los sistemas basados en IoT se integran con plataformas como hojas de cálculo (ej. Google Sheets) y tableros de control, permitiendo el seguimiento histórico de indicadores clave de desempeño.

5. Metodología

5.1 Tipo de proyecto

Se trata de un Proyecto de desarrollo experimental La auditoría se basa en métodos, tecnologías y normas ya conocidas como la ISO 50002, que se aplican a un contexto específico: la empresa auditada, El propósito es mejorar la eficiencia energética, identificar oportunidades de ahorro y proponer mejoras concretas, no generar nuevo conocimiento científico generalizable.

5.2 Método

Para alcanzar este objetivo, se definirá el alcance de la auditoria acordando con la persona encargada los circuitos eléctricos a evaluar dentro de la empresa Vajillas Corona que serán objeto de monitoreo. Después, se realizará una recolección histórica de los datos de consumo de energía y de otras variables eléctricas disponibles, con el fin de construir un registro del comportamiento energético.

Teniendo identificado el circuito y lugar, proceder a la instalación del medidor eléctrico junto al tablero de distribución que contiene el circuito. Para ello se conectarán los transformadores de corriente (TC) y transformadores de potencial (TP) además se debe parametrizar que la medida sea igual a la real. Posteriormente se debe enlazar el medidor eléctrico con la red de internet de la empresa, estableciendo un enlace de comunicación con el servidor Google. Una vez establecido esto, se recopilan todas las variables eléctricas que permitan el análisis de los indicadores por medio de la construcción de gráficas o informes en powershell, que contenga los indicadores clave para un mejoramiento energético.

Para alcanzar este objetivo, en primer lugar, se definirá el alcance de la auditoría y los criterios de evaluación de los consumos eléctricos. A continuación, se recopilarán los datos históricos de consumo junto con las mediciones de variables relevantes como tensión, corriente y factor de potencia, obtenidas mediante el sistema de medición remota. Posteriormente, se realizará un análisis comparativo de los datos con el fin de identificar ineficiencias, cargas críticas y

oportunidades de mejora. Finalmente, se elaborará un informe técnico en el cual se consignarán las recomendaciones específicas, priorizando acciones inmediatas y estrategias de optimización a mediano y largo plazo, orientadas al uso racional de la energía en la empresa.

5.3 Instrumentos de recolección de información.

5.3.1 Fuentes primarias. Las fuentes primarias utilizadas en este proyecto corresponden a documentos técnicos y normativos directamente relacionados con la gestión energética. Entre ellas se encuentran las normas ISO 50001 o 50002, así como guías metodológicas hechas por entidades gubernamentales nacionales e internacionales relacionadas con auditorías energéticas.

5.3.2 Fuentes secundarias. Las fuentes secundarias utilizadas incluyen algunos documentos que analizan e interpretan información técnica y normativa relacionada con el consumo energético. Se incluyen artículos académicos y revistas especializadas y casos de estudio aplicados en auditorías industriales en otros sectores. Además de materiales complementarios que apoyan el análisis y la contextualización del proyecto.

6. Resultados

El proyecto implica la implementación de una auditoría energética en la empresa Vajillas Corona. Para ello se utilizará un medidor de energía remoto que permite enviar los datos de la medición a un servidor ubicado en Google drive. Los datos deben ser almacenados en archivos tipo Google sheet para su utilización en tiempo real por parte de aplicativos desarrollados en lenguaje Python de la plataforma Collab. Como resultado de la analítica se encontrarán los indicadores claves que permitan determinar las causas de ineficiencia. De lo anterior se generará un informe con las recomendaciones de mejora en los consumos eléctricos y uso racional de la energía eléctrica en los subsistemas de la empresa Vajillas Corona.

Para alcanzar este objetivo, se identificarán los circuitos eléctricos acordados dentro de la empresa Vajillas Corona que serán objeto de monitoreo. Después, se realizará una recolección histórica de los datos de consumo de energía y de otras variables eléctricas disponibles, con el fin de construir un registro del comportamiento energético.

6.1 Alcance de la auditoría

Se llega al acuerdo de instalar el medidor en el tablero eléctrico de iluminación del Área de Pocillos el cual contiene toda la iluminación de las maquinas: Celda 1, Celda 2, Horno 6, Nogales y Automática de Pocillos. La auditoría se centrará en la verificación del consumo eléctrico, condiciones de operación, conexiones y cumplimiento de la normativa aplicable en dicho circuito, excluyendo otros sistemas eléctricos o de potencia no asociados a la iluminación de este sector.

6.2 Áreas de trabajo

6.2.1 Horno 6. La máquina principal es el horno 6, las luminarias asociadas son las encargadas de iluminar toda la carrilera del horno entrada y salida de este.

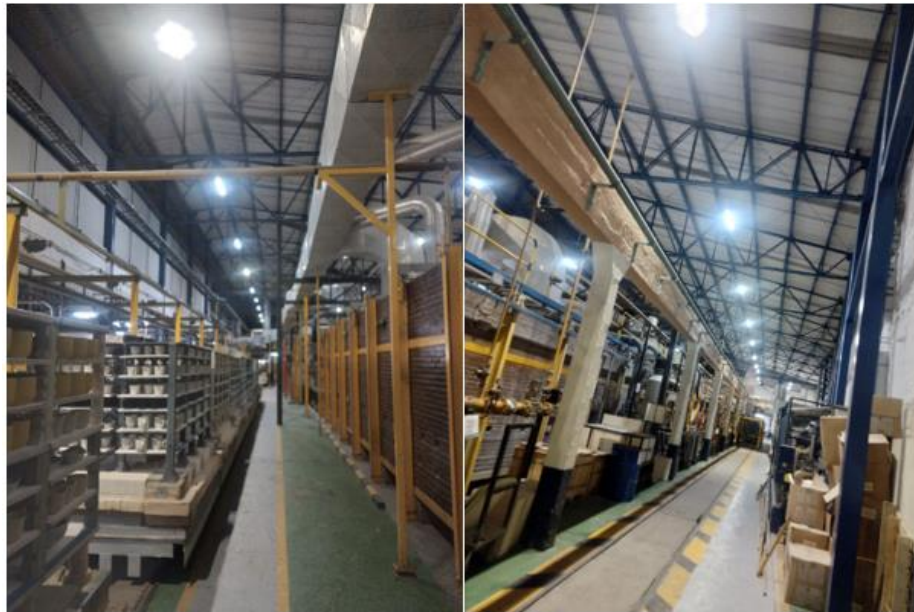


Figura 4. Área horno 6

Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Corona

6.2.2 Área de Pasillos y Automática. En esta área se puede observar a lado izquierdo la iluminación alta en el área Pocillos, estas luminarias están iluminando las maquinas: Celda 1, Celda 2, Automática y otra que es la Celda 3. su objetivo principal es iluminar los pasillos asociados a estas máquinas, la luminaria es T8 2x18w tubo led luminaria hermética y luminaria de 60w.

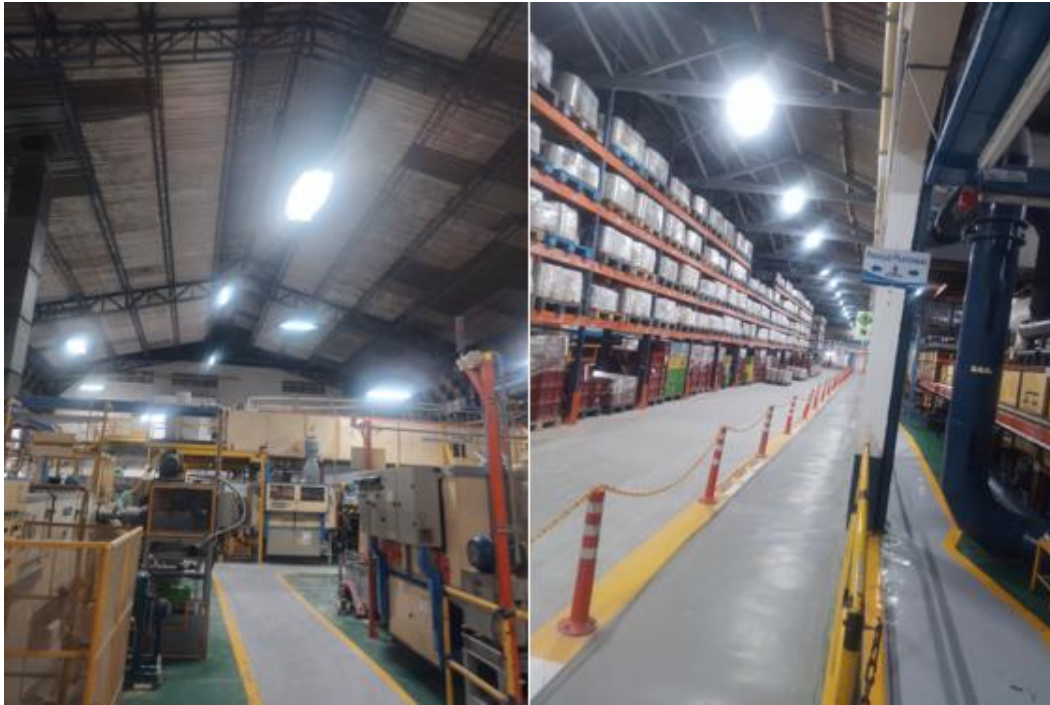


Figura 5. Pasillos y Automática

Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Corona

Al lado derecho se observa el pasillo principal se mantiene encendido la mayoría del tiempo, allí trabajan los operarios de logística para almacenar obra y es muy transitado siendo el pasillo de entrada principal. La luminaria con que cuenta es T8 2x18w tubo led luminaria hermética y luminaria 4x25w T5.

6.2.3 Celda 1 y Entrada horno 6. La celda 1 es una maquina forjadora de pocillos, la luminaria que se ve arriba hace parte del circuito de pasillos y automática, la luminaria de la celda 1 se encuentra debajo de la estructura para 3 operarios y la cabeza de formación de la máquina, toda la luminaria es T8 2x18w tubo led luminaria hermética.



Figura 6. Área Celda 1

Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Corona

6.2.4 Área de Celda 2 / Nogales. La celda 2 se puede observar a lado izquierdo la iluminación que se percibe arriba es del circuito de pasillos y automática, su iluminación esta distribuida para 3 operarios y la cabeza de formación que se encuentra debajo de la estructura, al lado derecho se observa el área de Nogales es una máquina que contiene 2 secaderos: blanco y cuero, y un pasillo que se encuentra iluminado como se observa en la figura, toda la luminaria es T8 2x18w tubo led luminaria hermética.



Figura 7. Área de Celda 2 / Nogales
Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Corona

6.2.5 Área RAM. Al lado izquierdo se puede observar la subárea de la revisa donde se almacenan los pocillos revisados y dispuestos en canastas, al lado derecho se observa la subárea de elaboración de moldes para la RAM, la RAM es una prensa hidráulica que comprime los moldes y crea diferentes formas de platos, toda la luminaria es T8 2x18w tubo led luminaria hermética.



Figura 8. Área de RAM
Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Corona

6.2.7 Talleres mecánicos. Es el área para los talleres de hornos y mecánicos de pocillos, allí disponen de iluminación 2x18w en tubo led lampara hermética.

6.3 Tipos de luminarias instaladas



Figura 9. Luminaria led High Bay GC015

Fuente. Extraído de <https://sylvania-colombia.com/product/led-high-bay-gc015/>

Tabla 2.

Datos luminaria 100w

LUMINARIA	POTENCIA	Lm	TEMPERATURA	Lm/w
LUMINARIA LED REDONDA	18	840	5000	75

Fuente: Diseño propio



Figura 10. Luminaria led High Bay GC015

Fuente. Extraído de <https://sylvania-colombia.com/product/led-panel-rd-pro/>

Tabla 3.

Datos luminaria 12w

LUMINARIA	POTENCIA	Lm	TEMPERATURA	Lm/w
LUMINARIA LED REDONDA	12	840	5000	75

Fuente: Diseño propio



Figura 11. Luminaria T5 25w

Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Corona

Tabla 4.

Datos luminaria 25w

LUMINARIA	POTENCIA	Lm	TEMPERATURA	Lm/w
TUBO 25W	25	3500	6500	140

Fuente: Diseño propio



Figura 12. Luminaria T5 60w

Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Corona

Tabla 5.

Datos luminaria 50w

LUMINARIA	POTENCIA	Lm	TEMPERATURA	Lm/w
LI LED GEN2 60L1	50	8000	6000	160

Fuente: Diseño propio



Figura 13. Luminaria T5 18w

Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Corona

Tabla 6.

Datos luminaria 2x18w

LUMINARIA	POTENCIA	Lm	TEMPERATURA	Lm/w
LUMINARIA 2X18W	18	2100	6500	117

Fuente: Diseño propio

6.4 Tablero de distribución del circuito de iluminación

El tablero cuenta con 7 circuitos de iluminación como se describió anteriormente estos circuitos son: Pasillos y automática, Celda 1, Celda 2, Celda 3, Nogales, H6 y taller.



Figura 14. Tablero de distribución

Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Corona

6.4.3 Interruptores de circuitos. Los circuitos están alimentados a 220v, cada uno cuenta con su respectiva puesta a tierra. Se cuenta con los siguientes calibres y protecciones:

Tabla 7.

Capacidad de interruptores

Área	Pasillos y automática	Talleres mecánicos	Celda 1	RAM	Nogales/Celda 2	Horno 6	Taller
Protección	20	20	20	25	20	10	16
Calibre	12	12	12	12	12	12	12

Fuente: Diseño propio

Cada circuito se encuentra debidamente protegido acorde con la capacidad de corriente que soporta el calibre 12

6.5 Recolección de información de los equipos

Se levanta inventario preliminar de equipos asociados al tablero eléctrico en el cual se instaló el medidor de energía, se encuentra iluminación designadas por sus respectivas áreas

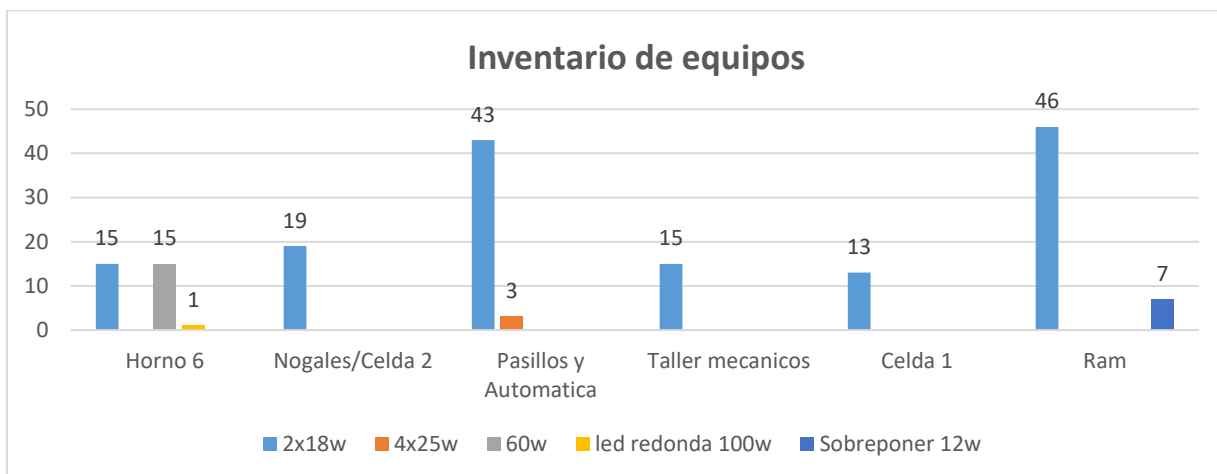


Figura 15. Grafica inventario de equipos
Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Corona

6.5.1 Medición de energía en medidor Schneider IEM 3155. En el tablero eléctrico de donde se derivan los circuitos, se encuentra instalado un medidor de energía Schneider IEM 3155, se aprovecha para medir la energía activa, para la toma de medición se reinició el contador de energía con la que venía acumulado y obtener una nueva medición realizando la toma de datos cada 24h, este dato no sirve para tener una línea base de consumo de energía ya que la factura global de la compañía es muy grande y es difícil saber y controlar el consumo de esta área específica.



Figura 16. Lectura 1 medidor Schneider 22/09/2025
Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Corona



Figura 17. Lectura 2 medidor Schneider 23/09/2025
Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Corona



Figura 18. Lectura 3 medidor Schneider 24/09/2025
Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Corona

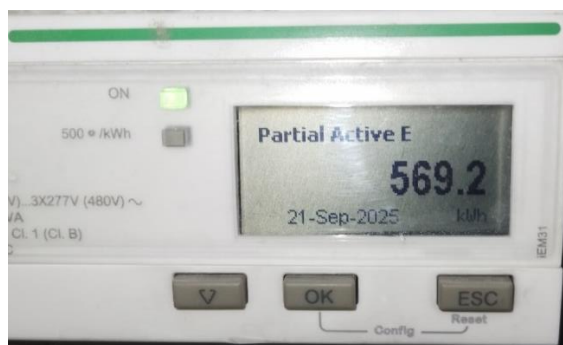


Figura 19. Lectura 4 medidor Schneider 24/09/2025
Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Corona

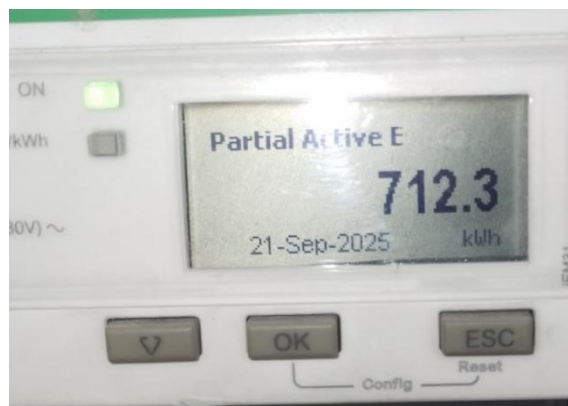


Figura 20. Lectura 5 medidor Schneider 26/09/2025

Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Corona

Los datos medidos son puestos en una tabla para tener una hipótesis de la factura mensual y anual del área de iluminación que se quiere intervenir.

Tabla 8.

Medición 1 de consumo en Schneider IEM 3155

Fecha medida	Potencia activa	Kwh/día	Precio kw	consumo/día	consumo/Mes	Consumo/año
22/09/2025	136,9	136,9	\$ 600	\$ 82.140	\$ 2.464.200	\$ 29.570.400
23/09/2025	280,2	143,3	\$ 600	\$ 85.980	\$ 2.579.400	\$ 30.952.800
24/09/2025	421,6	141,4	\$ 600	\$ 84.840	\$ 2.545.200	\$ 30.542.400
25/09/2025	569,2	147,6	\$ 600	\$ 88.560	\$ 2.656.800	\$ 31.881.600
26/09/2025	712,3	143,1	\$ 600	\$ 85.860	\$ 2.575.800	\$ 30.909.600
Promedio		142,46		\$ 85.476	\$ 2.564.280	\$ 30.771.360

Fuente: Diseño propio

La toma de datos fue por 5 días, encontrando un promedio de 142,6 Kwh/día que luego será confrontado con el medidor Siemens PAC 3120.

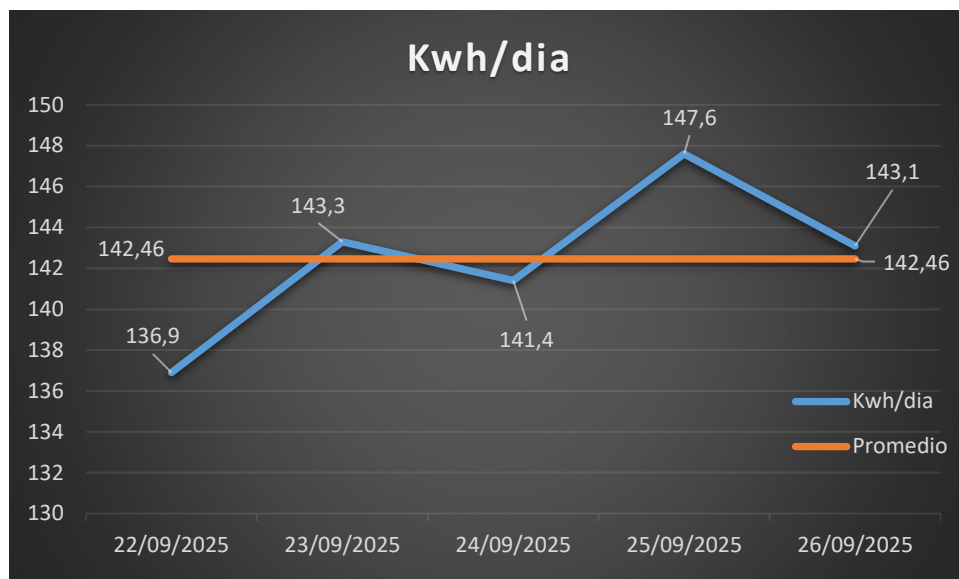


Figura 21. Grafica de Kwh/día con medición en Schneider IEM 3155

Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Corona

Proyectando una factura mensual y anual como se observa en la siguiente tabla.

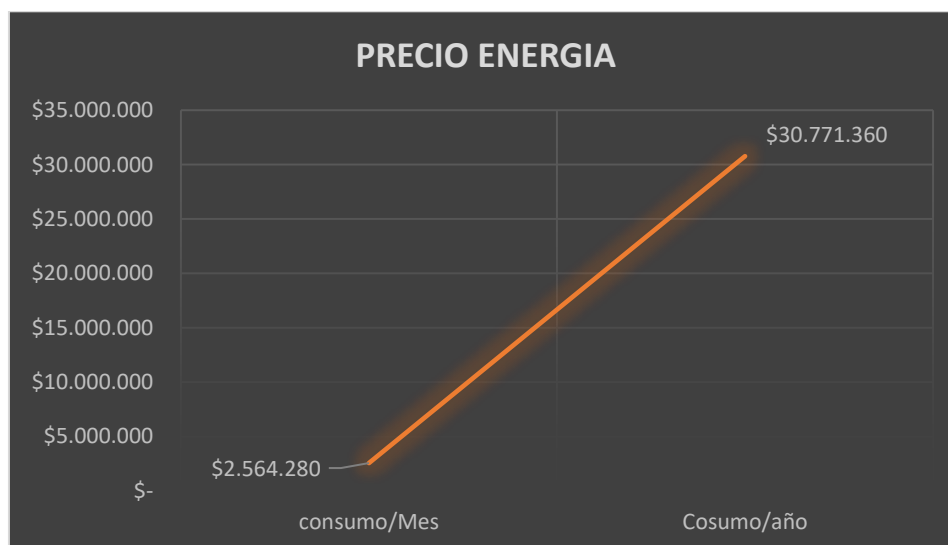


Figura 22. Grafica precio energía al mes y año

Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Coro

6.5.2 Horario de trabajos y turnos. A continuación, se describe en tablas el día de trabajo en cada máquina, de mantenimiento y descanso.

Tabla 9.

Horarios Horno 6

H6							
Horarios	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	sábado	Domingo
6 a 2	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo
2 a 10	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo
10 a 6	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo

Fuente: Diseño propio

Tabla 10.

Horarios Nogales.

Nogales							
Horarios	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	sábado	Domingo
6 a 2	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Mtto	Trabajo	Trabajo	Descanso
2 a 10	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Descanso
10 a 6	apagada	apagada	apagada	apagada	apagada	apagada	apagada

Fuente: Diseño propio

Tabla 11.

Pasillos y Automática

Pasillos Y Automática							
Horarios	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	sábado	Domingo
6 a 2	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Descanso
2 a 10	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Descanso
10 a 6	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Descanso

Fuente: Diseño propio

Tabla 12.
Horarios Celda 1

Celda 1							
Horarios	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	sábado	Domingo
6 a 2	Mtto	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Descanso
2 a 10	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Descanso
10 a 6	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Descanso

Fuente: Diseño propio

Tabla 13.
Horario Celda 2

Celda 2							
Horarios	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	sábado	Domingo
6 a 2	Trabajo	Mtto	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Descanso
2 a 10	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Descanso
10 a 6	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Descanso

Fuente: Diseño propio

Tabla 14.
Horario Celda 3

Celda 3							
Horarios	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	sábado	Domingo
6 a 2	Trabajo	Trabajo	Mtto	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Descanso
2 a 10	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Descanso
10 a 6	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Descanso

Fuente: Diseño propio

6.6 Instalación y configuración del medidor

Se procede a realizar el montaje en el sitio acordado de iluminación área pocillos, se toma en cuenta diagrama de conexiones y montaje que se describe en los siguientes subtemas.

6.6.1. Diagrama de conexión en borneras medidor de energía. El siguiente plano se tiene como guía para la conexión de la acometida del tablero de iluminación a las borneras del gabinete que trae el tablero de medición.

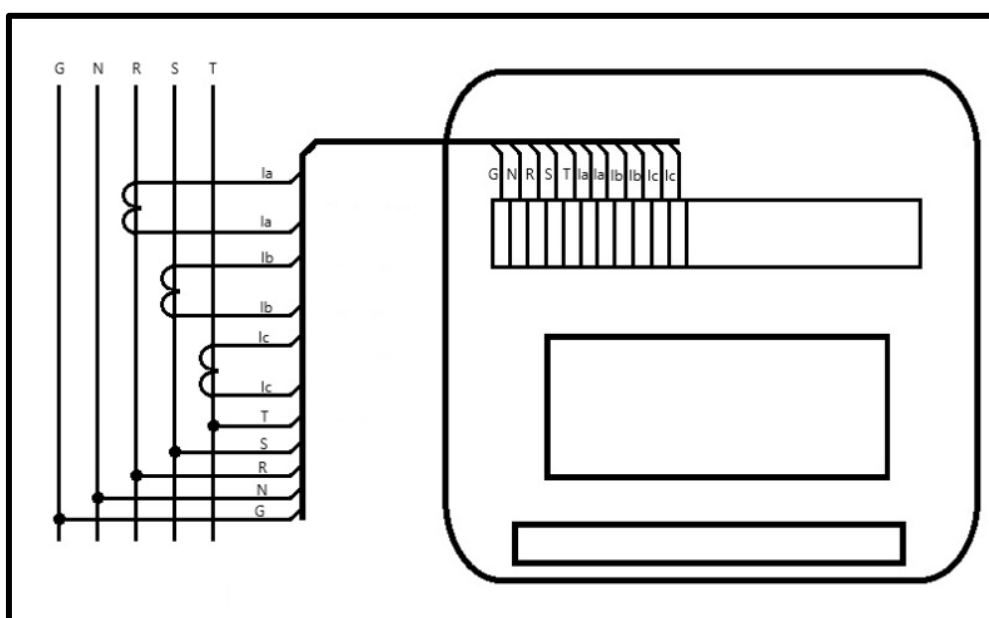


Figura 23. Diagrama de conexión en borneras para medidor de energía.

Nota: Compartido por el instructor Carlos Mario Moreno.

Se puede observar el orden que trae las borneras de izquierda a derecha para conservar la medición correcta del equipo y cuyas iniciales significan:

G: Ground “puesta a tierra”

N: neutro

R: Fase 1

S: Fase 2

T: Fase 3

Ia: Transformador de corriente fase 1

Ib: Transformador de corriente fase 2

Ic: Transformador de corriente fase 3

Se realiza la instalación del medidor de energía, realizando el montaje que asegure el tablero eléctrico a la columna como se muestra en la imagen, la medición del voltaje es trifásica 220v y es directa, no tiene transformadores de voltaje, además se instalan los transformadores de corriente, las herramientas utilizadas fueron taladro, brocas, pulidora, machuelos y tornillos M6 para asegurar el tablero, para cablear el tablero se necesitó pela cables, alicata, corta frío, bisturí, cinta, conectores tipo rosca, multímetro y pinza amperimétrica.



Figura 24. Instalación de medidor de energía

Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Corona

Se usaron TC “transformadores de corriente” de 100A/1A tipo ventana o partidos marca socomec, teniendo una relación de transformación de 100, la cual se ingresa en la configuración del equipo para obtener los valores de corriente reales.



Figura 25. Transformadores de corriente
Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Corona

6.6.2 Validación de medida en equipo. Se valida que la medida sea la correcta con otro equipo de medida como la pinza amperimétrica, a continuación, se muestran las medidas del display del medidor PAC310 de Siemens frente a la pinza:



Figura 26. Corriente en medidor
Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Corona

Conocido la corriente que mide el medidor de energía se valida con una pinza amperimétrica la corriente de cada fase, y se confirma y confía en que la medición del equipo será la real.



Figura 27. Corrientes con piza amperimétrica

Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Corona

6.6.3 comunicación con el servidor Google. la comunicación se logra con el equipo nodriza que permite ser una puerta de enlace entre el medidor de energía e internet es un puente que llevara los datos al servidor para ser almacenados, se debe configurar con una red wifi en este caso de la red corona en donde se instalado equipo esto se configura en el equipo, pero con una aplicación llamada “Mdb_Frame_V1”.



Figura 28. Gateway

Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Corona

6.7 Captura de datos

A continuación, se recopilamos los datos históricos de consumo junto con las mediciones de variables relevantes como potencias, corriente y factor de potencia, obtenidas mediante el sistema de medición. Posteriormente, se realizará un análisis de los datos con el fin de identificar ineficiencias, cargas críticas y oportunidades de mejora. Finalmente, se elaborará un informe técnico en el cual se consignarán las recomendaciones específicas, priorizando acciones inmediatas y estrategias de optimización a mediano y largo plazo, orientadas al uso racional de la energía en la empresa.

6.7.1 Análisis grafica de corrientes. La siguiente grafica evidencia el comportamiento de la corriente en L1, L2, L3, en las fechas del 3 de noviembre hasta la tarde del 11 noviembre.

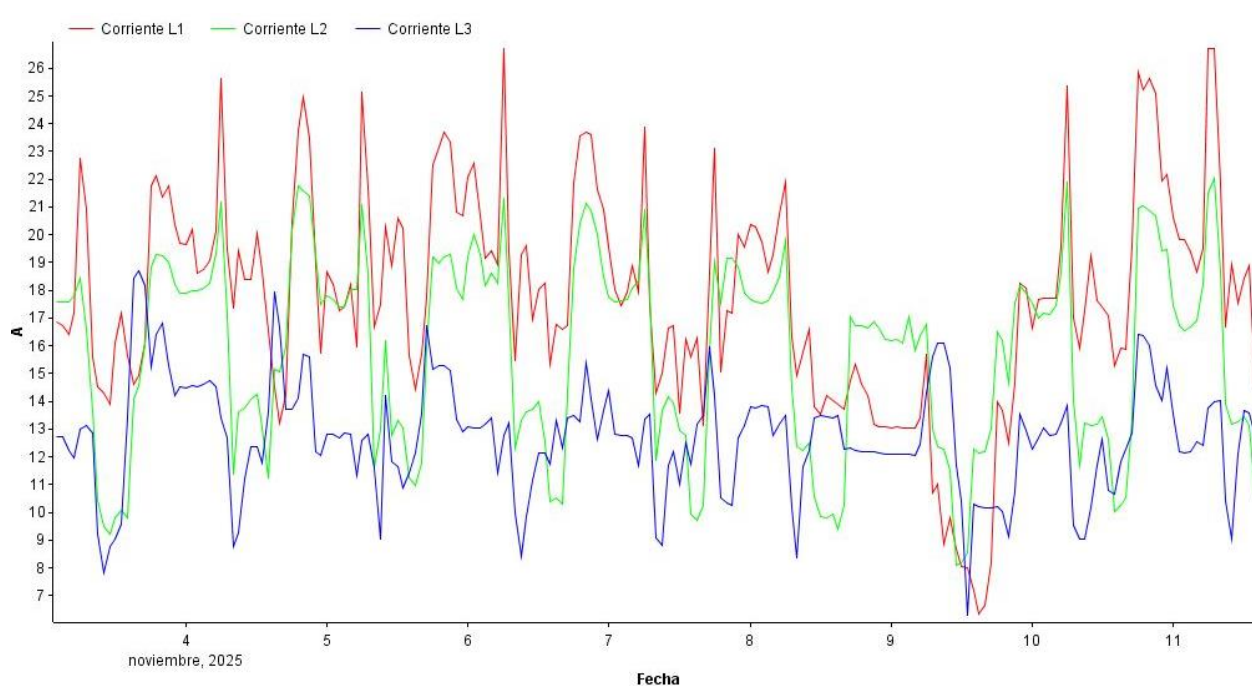


Figura 29. Grafica de corrientes

Nota: Datos tomados del medidor de energía

La gráfica presenta la evolución horaria de la corriente en las tres fases del circuito de iluminación entre el 3 y el 11 de noviembre de 2025. Se observan valores que oscilan

aproximadamente entre 7 A y 26 A, con una variabilidad significativa a lo largo del periodo. Las fases L1 y L2 muestran comportamientos similares tanto en forma como en magnitud, manteniéndose la mayor parte del tiempo entre 17 A y 24 A, con picos que alcanzan valores cercanos a 26 A durante los días 4, 6 y 10. Por el contrario, la fase L3 presenta valores considerablemente menores, usualmente entre 10 A y 17 A, lo que evidencia un desbalance técnico entre fases.

Este desbalance es un aspecto crítico desde la perspectiva de eficiencia energética, dado que según la ISO 50002:2014, las auditorías deben identificar condiciones que generen pérdidas adicionales o afecten el rendimiento del sistema eléctrico. Un desbalance superior al 10% puede provocar corriente elevada en el neutro, sobrecargas parciales, aumento de pérdidas I^2R , reducción de la vida útil de transformadores y disminución de la eficiencia general. Además, durante algunos intervalos se observan caídas abruptas de corriente en L2 y L3, lo cual puede indicar momentos de desconexión parcial, posibles disparos de protecciones o eventos transitorios de carga.

En conclusión, aunque el comportamiento general del circuito es consistente con cargas de iluminación, el marcado desbalance entre fases constituye una oportunidad de mejora que debe ser verificada en campo. Se recomienda revisar la distribución física de luminarias y los circuitos asociados a cada fase para reducir la asimetría y mejorar la eficiencia operativa.

También se observa que en los sábados después de la tarde y el domingo hasta la noche, la corriente baja esto por ser día festivo el personal descansa y favorece para realiza una desconexión de los circuitos que no se requiere energía y baje mas e consumó.

6.7.2 Análisis energía activa. La siguiente grafica evidencia el comportamiento de la energía activa, en las fechas del 3 de noviembre hasta la tarde del 11 noviembre.

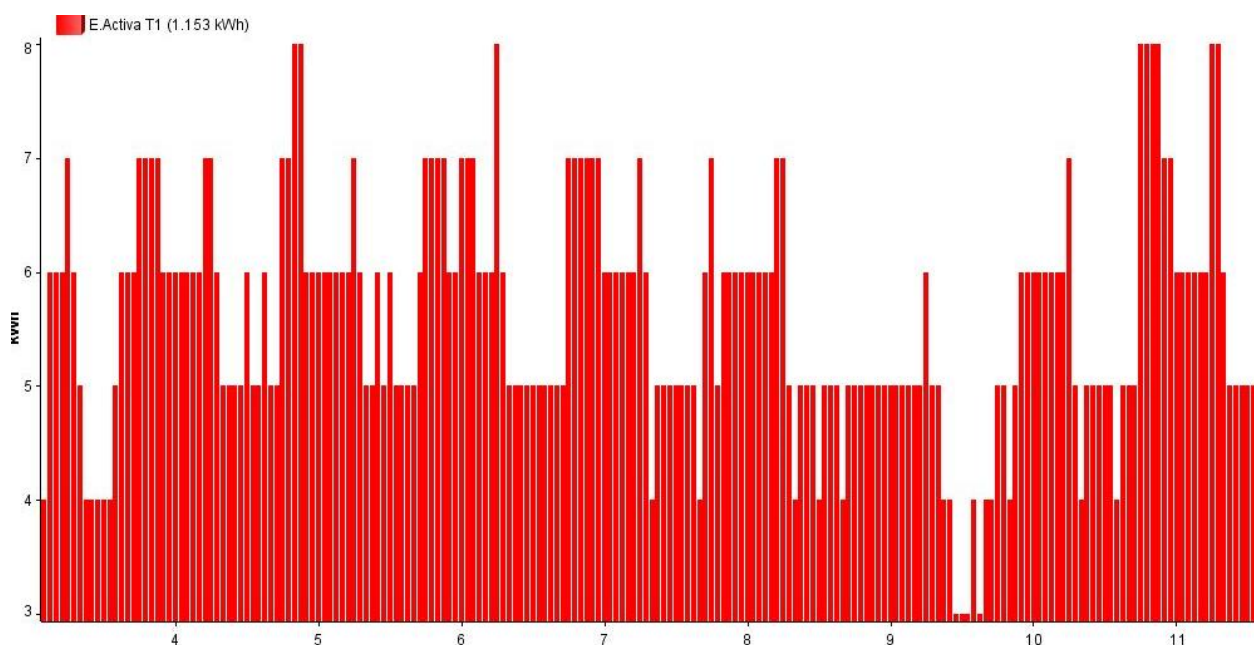


Figura 30. Grafica de energía
Nota: Datos tomados del medidor de energía

Esta gráfica muestra el comportamiento del consumo horario de energía activa del circuito de iluminación durante el periodo del 3 al 11 de noviembre de 2025. Los valores se mantienen dentro del rango de 3 a 8 kWh por hora, con una media aproximada de 5,6 kWh/h, lo cual evidencia un patrón relativamente estable típico de sistemas de iluminación industrial. Durante el análisis se identificaron las horas de mayor consumo, especialmente a las 06:00, con valores alrededor de 7,1 kWh, y en el bloque comprendido entre 18:00 y 21:00, donde los consumos se mantienen consistentemente por encima de 6,3 kWh/h. Este comportamiento coincide con los periodos de encendido por inicio de jornada y disminución de iluminación natural.

Asimismo, se identificaron horas de menor consumo, particularmente alrededor de las 11:00 y 13:00, con valores cercanos a 4,7 kWh/h, que pueden considerarse como referencia de carga base

del sistema. La reducción temporal observada durante el día 9 sugiere un periodo de apagado parcial, baja ocupación o cambios operativos puntuales.

Desde la óptica de auditoría energética según ISO 50002, este perfil horario es clave para identificar oportunidades de ahorro relacionadas con la gestión operativa, como la implementación de calendarios de iluminación, automatización del encendido/apagado o verificación de uso innecesario en horarios no productivos.

6.7.3 Grafica factor de potencia. A continuación, se ilustra la gráfica de factor de potencia , en las fechas del 3 de noviembre hasta la tarde del 11 noviembre.

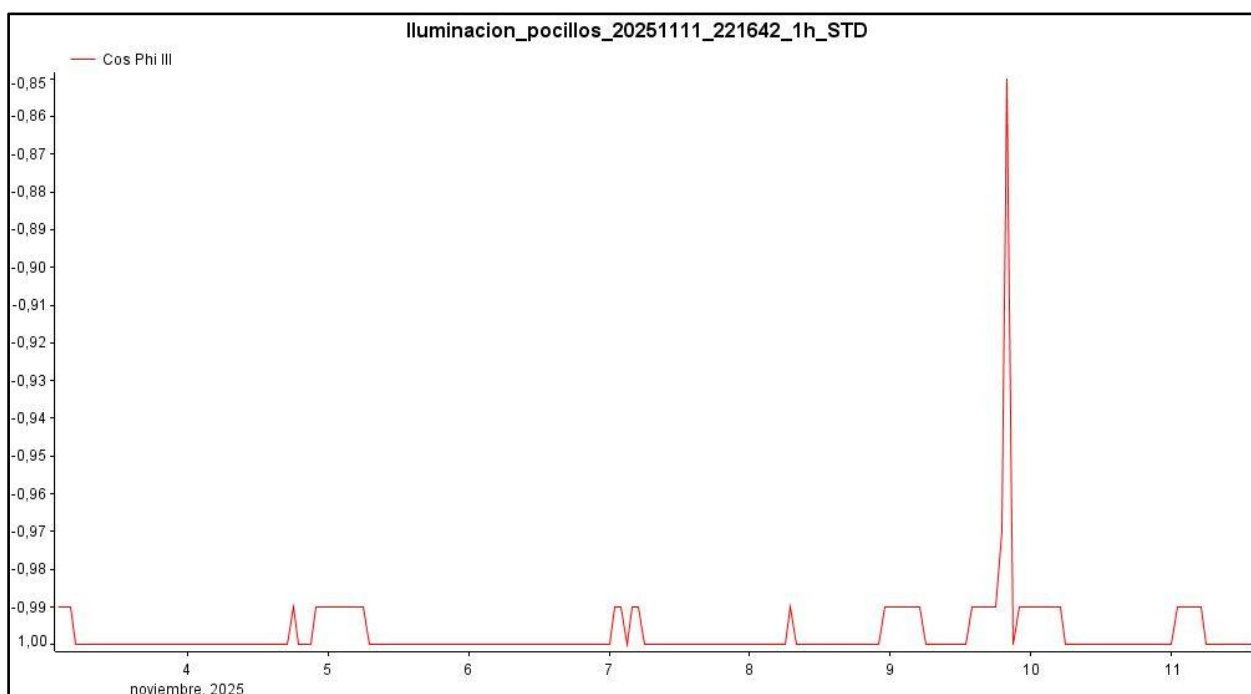


Figura 31. Grafica de factor de potencia.

Nota: Datos tomados del medidor de energía

La gráfica del factor de potencia horario muestra un comportamiento notablemente estable, con valores que se mantienen cercanos a la unidad ($|\cos \phi| \approx 1,00$) durante prácticamente todo el periodo analizado. La media general del factor de potencia es de aproximadamente 0,997, lo que refleja un excelente desempeño eléctrico y una relación eficiente entre la potencia activa y

la potencia aparente. Este comportamiento es común en circuitos de iluminación modernos con balastos electrónicos o tecnología LED.

Dentro del periodo evaluado solo se observa un evento atípico, ubicado alrededor del día 10, donde el factor de potencia disminuye hasta un valor aproximado de $|\cos \phi| = 0,85$. Este evento puntual puede asociarse a la conexión temporal de una carga inductiva, un arranque transitorio o una condición operacional específica. Sin embargo, no representa un patrón recurrente ni constituye una condición de ineficiencia sostenida.

De acuerdo con los lineamientos establecidos en la ISO 50002:2014, el factor de potencia del circuito no representa una oportunidad significativa de mejora, ya que opera dentro de rangos óptimos y no requiere compensación reactiva adicional

6.7.4 Grafica Potencia activa vs aparente. La siguiente grafica ilustra el comportamiento de la potencia activa y aparente, en las fechas del 3 de noviembre hasta la tarde del 11 noviembre.

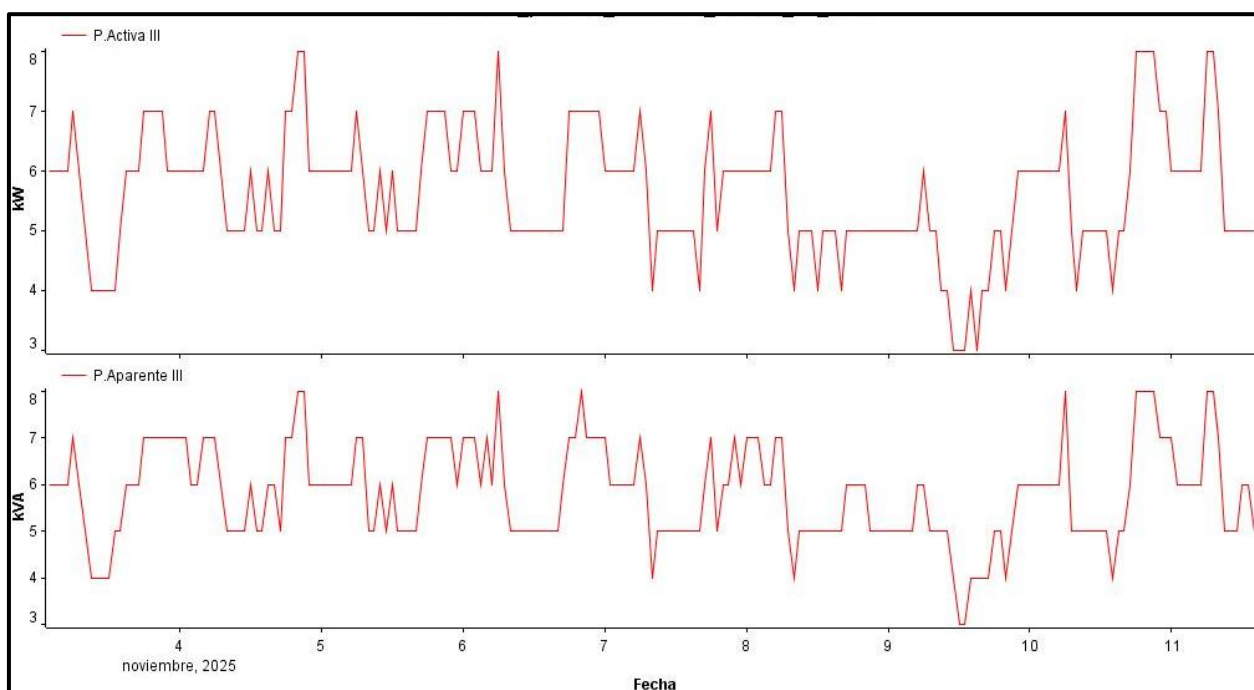


Figura 32. Grafica de potencias

Nota: Datos tomados del medidor de energía

La gráfica comparativa entre potencia activa (kW) y potencia aparente (kVA) evidencia una relación estrecha y estable entre ambas magnitudes durante todo el periodo analizado. Los valores de potencia se encuentran en el rango de 3 a 8 kW/kVA, con curvas que mantienen una forma muy similar en todo momento. La potencia aparente excede ligeramente a la activa, pero la diferencia entre ambas es mínima, lo que confirma un elevado factor de potencia.

El análisis muestra que no existen periodos en los que la potencia aparente crezca de forma significativa respecto a la activa, lo que reafirma que el sistema opera con una excelente eficiencia eléctrica. La única separación notable entre las curvas coincide con el evento donde el factor de potencia descendió puntualmente, aunque sin representar una condición sostenida.

Según la ISO 50002:2014, la comparación entre potencias activa y aparente es clave para identificar pérdidas por potencia reactiva. En este caso, el circuito de iluminación opera adecuadamente y las oportunidades de mejora se centran en optimizar horarios de uso.

6.8 Informe técnico y oportunidades de mejora

6.8.1 Actual distribución de las luminarias en Automáticas y pasillos. En la siguiente imagen vista superior se pretende ilustrar la actual distribución de las luminarias, este circuito es el segundo que desperdicia más energía, tiene una zona de iluminación para la maquina automática, cuando no se trabaja allí las personas apagan las luminarias, pero el resto de las luminarias son prendidas todos los días sin ningún tipo de control, Otra zona que tiene muchas luminarias es la zona del pasillo principal, Esta área tiene estanterías cerca lo que obliga a que la mayoría de tiempo estén encendidas ya que trabajan con estibadores y sacan obra de partes altas.

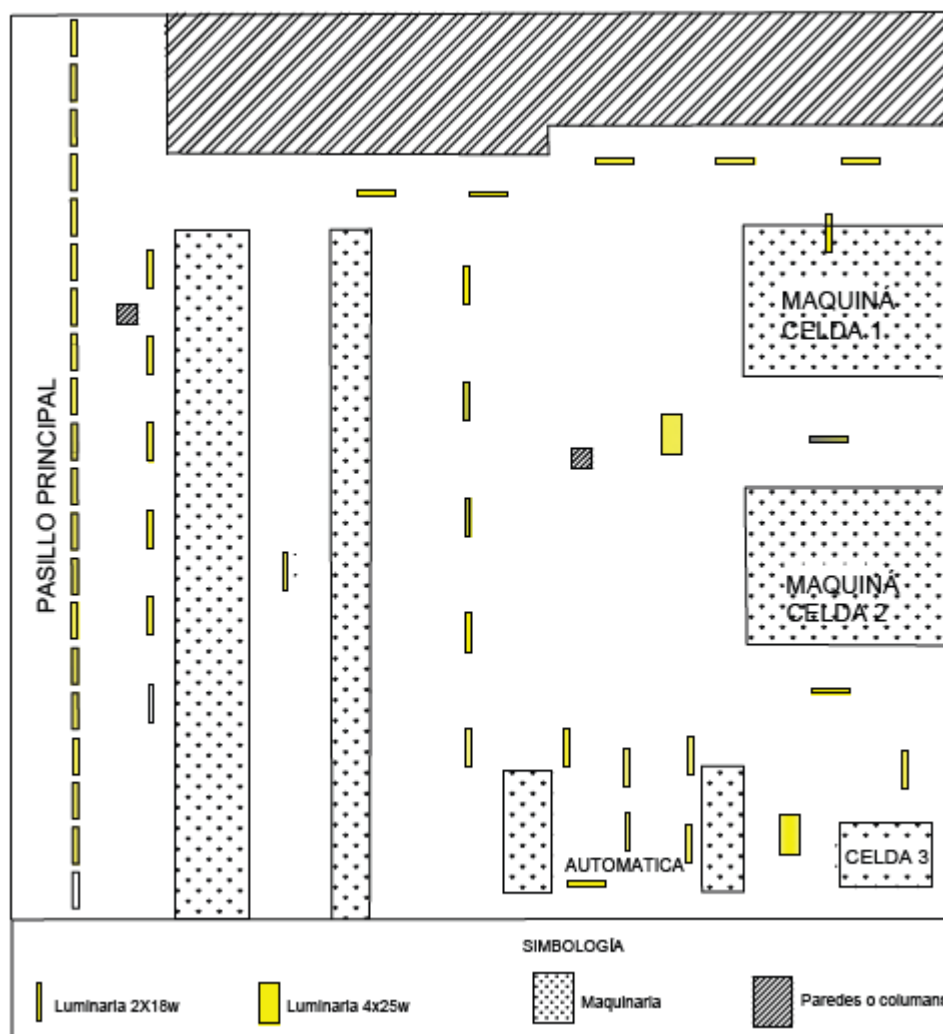


Figura 33. Grafica precio energía al mes y año
Fuente. Diseño propio

6.8.2 Propuestas de redistribución de luminarias. Se sugiere dividir este circuito “Automática y pasillos” en tres ramales:



Figura 34. Redistribución de circuitos
Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Coro

Ramal 1 rojo y azul: La idea es que el circuito rojo tenga un suiche de encendido y apagado que no tiene en el momento, y el circuito azul ya tiene sus suiches en cada puesto de trabajo, este ramal debiera contener los dos circuitos.

Ramal Amarillo: Este circuito sería solo para los pasillos, esta luminaria está ubicada en una parte más alta que las demás luminarias puesto que iluminan el área y no una zona específica o puesto de trabajo, están de color amarillo.

Ramal verde y morado: Este circuito sería solo para el pasillo principal que cuenta con 20 luminarias y la iluminación que tiene la máquina que está a su lado Horno 7 contiene 6, Se propone instalar un suiche para color de circuito.

En la siguiente tabla se evidencia el circuito a independizar, tipo de luminaria, potencia, cantidad de luminarias horas de trabajo al mes, consumos y costos.

Tabla 15.
Consumo actual circuito Pasillo y Automática

Consumo actual circuito Pasillo y Automática							
Circuito	Luminaria	cant	Horas/mes	Kw/h	Costo	Costo mes	Costo anual
					Kw/h		
Rojo	2x18	6	720	155,52	510	\$ 79.315	\$ 951.782
Amarillo	2x18	9	720	233,28	510	\$ 192.557	\$ 2.310.682
	2x25	2	720	144	510		
Verde	2x18	20	720	518,4	510	\$ 264.384	\$ 3.172.608
Morado	2x18	6	720	155,52	510	\$ 79.315	\$ 951.782
TOTAL						\$ 615.571	\$ 7.386.854

Fuete: Diseño propio

Nota: cant (cantidad de luminarias)

En la siguiente tabla se pretende demostrar un costo menos de operación tomando control sobre aquellas horas las cuales la maquina no trabaja.

Tabla 16.

Proyección circuito Pasillo y automática

Proyección de circuito Pasillo y automática							
Circuito	Luminaria	cant	horas/mes	Kw/h	costo Kw/h	Costo mes	Costo anual
Rojo	2x18	6	600	129,6	510	\$ 66.096	\$ 793.152
Amarillo	2x18	9	438	141,912	510	\$ 117.051	\$ 1.404.613
	2x25	2	438	87,6	510		
Verde	2x18	20	570	410,4	510	\$ 209.304	\$ 2.511.648
Morado	2x18	6	180	38,88	510	\$ 19.829	\$ 237.946
TOTAL						\$ 412.280	\$ 4.947.359

Fuete: Diseño propio

Nota: cant (cantidad de luminarias)

Gráfico estimando los costos mensuales proyectados con los actuales, se observa que el circuito morado es el que lograría mayor ahorro energético pues esa maquina asociada a ellas esta apagada y no se toma control sobre esa iluminación, el sigue el circuito amarillo es el que tiene la iluminación alta de pocillos.

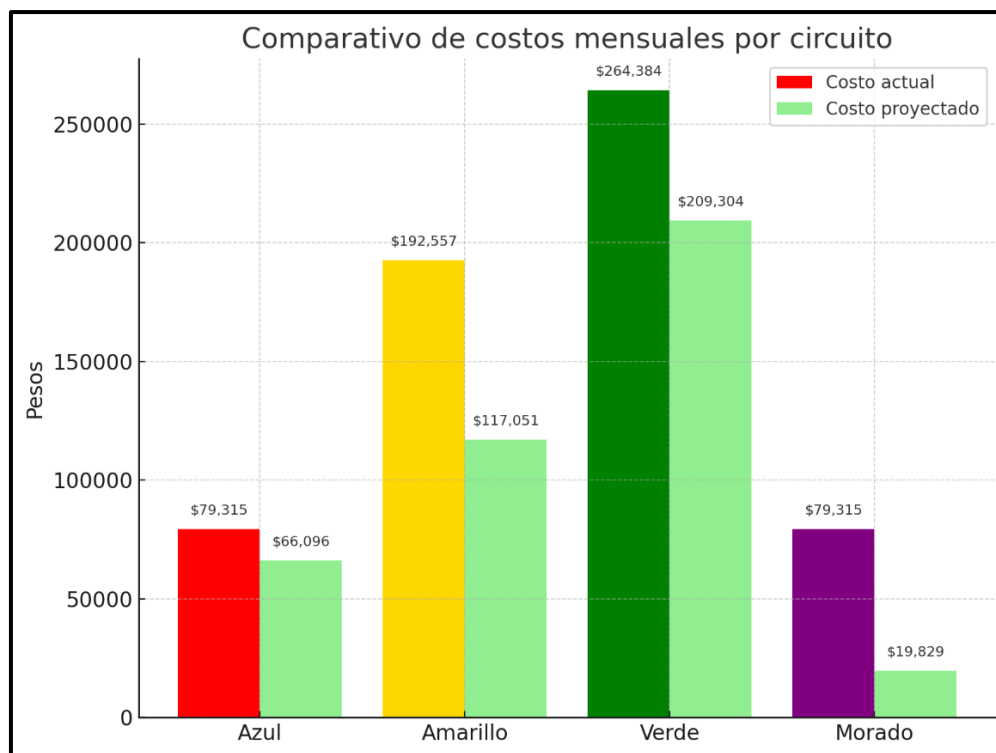


Figura 35. Grafica costo actual vs proyectado

Fuente. Diseño propio

6.9 Actual distribución iluminación Horno 6

Estas luminarias permanecen encendidas todo el día, tienen asociado un suiche de encendido y apagado manual, pero no se tiene control sobre el mismo, el circuito y sus costos se evidencian en la siguiente tabla:

Tabla 17.

Circuito horno 6 actual

Circuito Horno 6 Actual						
Luminaria	cant	Horas/mes	Consumo	costo Kw/h	Costo mes	Total
2x18	15	720	388,8	510	\$ 198.288	\$ 565.488
Led	15	720	648	510	\$ 330.480	
Led redondo	1	720	72	510	\$ 36.720	

Fuete: Diseño propio

Nota: cant (cantidad de luminarias)

6.9.1 Propuesta iluminación horno 6. En la siguiente tabla se propone un trabajo de las luminarias desde las 16:00 hasta las 9:00, con un trabajo de 17h/día apagado las luminarias donde las horas solares son más efectivas para iluminar la zona, resaltando que el techo tiene traga luz “tejas en plástico”, logrando un costo de operación de 320,443 \$ como evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 18.

Proyección del circuito horno 6

Proyección del circuito Horno 6						
Luminaria	cant	Horas/mes	Consumo	costo Kw/h	Costo mes	Total
2x18	15	408	220,32	510	\$ 112.363	\$ 320.443
Led	15	408	367,2	510	\$ 187.272	
Led redondo	1	408	40,8	510	\$ 20.808	

Fuete: Diseño propio

Nota: cant (cantidad de luminarias)

6.9.2 Grafica costo actual vs el circuito proyectado. En esta grafica se ilustra una ganancia del 56% y el potencial de la mejora pues es uno de los circuitos más relevantes de la zona

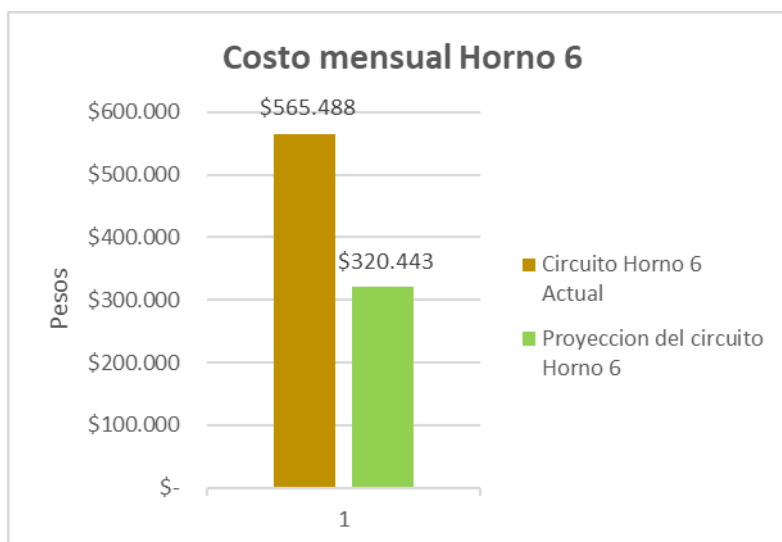


Figura 36. Grafica costo mensual actual vs proyectado
Fuente. Diseño propio

6.10 Actual distribución Iluminación Circuito RAM

A continuación, se pretende ilustrar como esta distribuida el circuito de la RAM, la zona de la revisa trabaja los tres turnos y descansan los domingos en la tarde de esa zona es el área que mas trabaja y permanece en su puesto de trabajo, las demás zonas como: destrucción de moldes, maquina RAM trabajan el turno 6:00 am a 2:00 pm y de 2:00 pm a 10 : pm por lo general y descansan domingos.

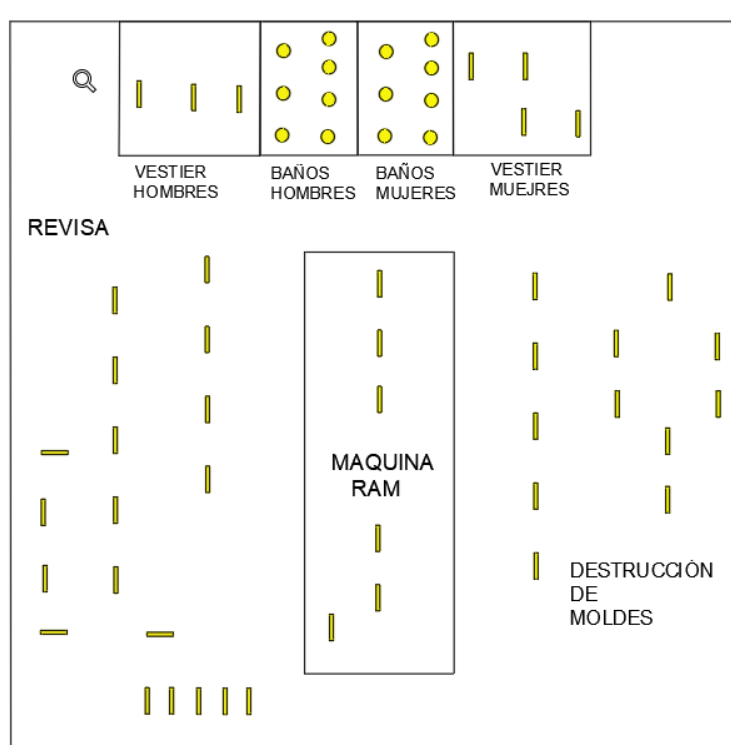


Figura 37 . Distribución actual del circuito de la RAM

Fuente. Diseño propio

6.10.1 Propuesta iluminación circuito RAM. Así se tenga una buena costumbre y el ahorro no es muy significativo, se propone dividir los circuitos para poder tener un mejor control sobre la iluminación, según los colores que allí se muestran:

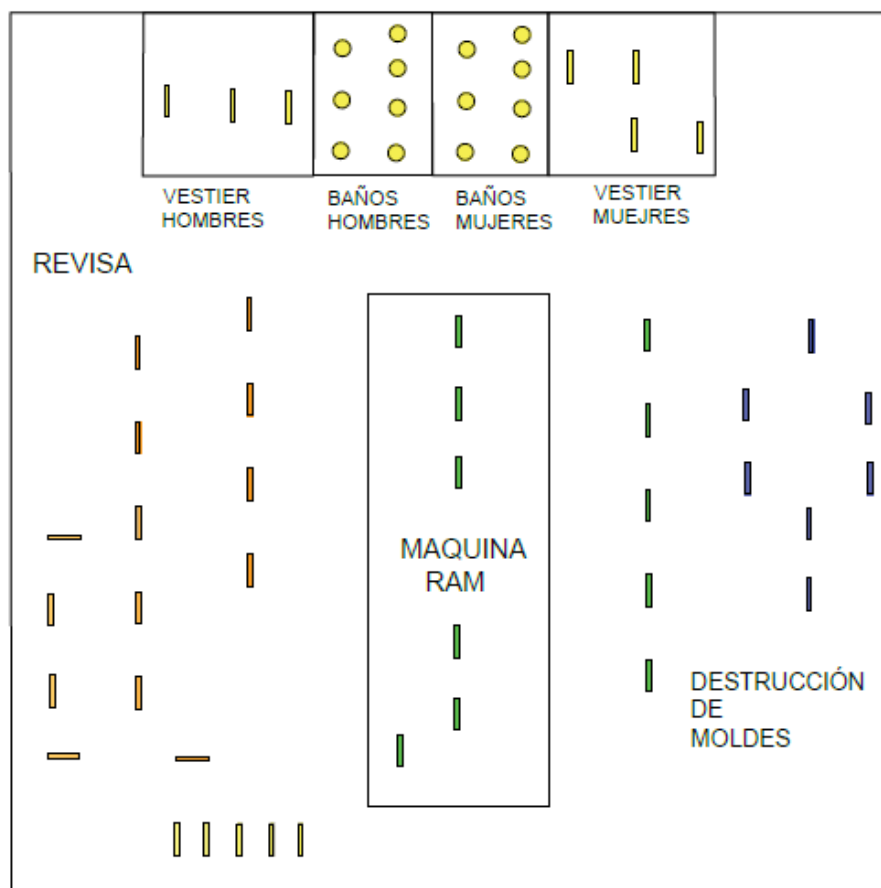


Figura 38. Distribución recomendada para el circuito de la RAM
Fuente. Diseño propio

Circuito Ramal naranja: Este circuito es el encargado de iluminar la zona revisa, cuando el personal descansa los domingos dejan las luminarias encendidas de 2 :00 pm a 10:00 pm por eso es importante tomar control sobre este escenario.

Circuito Ramal verde: Este circuito es el encargado de iluminar la zona de la máquina RAM, por lo general las personas de esta área tienen un muy buen control sobre la iluminación, aun así, se debe separar el circuito para tener control sobre todo posible consumo inoficioso del circuito si la máquina está apagada

Circuito Ramal Azul: Las personas que trabajan allí solo opera en el turno de la mañana y el resto del turno lo mantienen apagado, a pesar de que no se tendría un ahorro por el momento, se propone integrarlo en el controlador que tomara decisiones cuando este en otro turno fuera de la mañana y verifique que este apagada esa zona.

En la tabla se evidencia el tipo de luminaria, el circuito propuesto con el color naranja y verde, cantidad de luminarias, cuantas horas trabaja al mes y su respectivo costo.

Tabla 19.

Consumos actuales circuito RAM

Consumos actual circuito RAM						
Circuito	Luminaria	cant	Horas/mes	Kw/h	costo Kw/h	Costo mes
Naranja	2x18	14	720	362,88	510	\$ 185.069
Verde	2x18	14	696	350,784	510	\$ 178.900

Fuete: Diseño propio

Nota: cant (cantidad de luminarias), RAM (Nombre de la maquina).

En la tabla siguiente y se reducen las horas al mes que trabajara el circuito descontando los domingos en la tarde que no se trabaja y su costo final.

Tabla 20.

Consumo proyectado circuito RAM

Consumo proyectado circuito RAM						
Circuito	Luminaria	cant	Horas/mes	Kw/h	costo Kw/h	Costo mes
Naranja	2x18	11	696	275,616	510	\$ 140.564
Verde	2x18	11	684	270,864	510	\$ 138.141

Fuete: Diseño propio

Nota: cant (cantidad de luminarias), RAM (Nombre de la maquina).

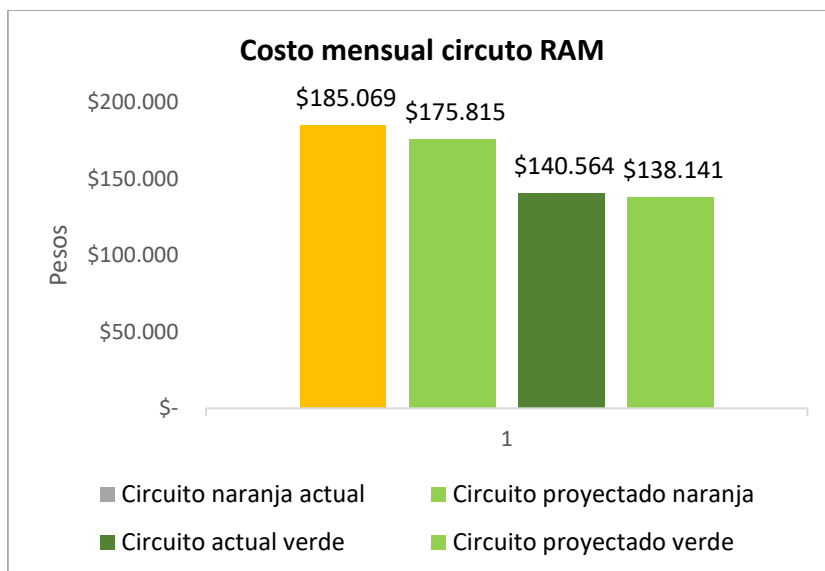


Figura 39. Costo mensual vs proyectado circuito RAM

Fuente. Diseño propio

6.11 Eficiencia de luminarias

Las luminarias son todas leds de buena eficiencia como se muestra en la gráfica por encima de 100, por ende, la concentración de las recomendaciones están enfocadas en el ahorro eficiente de la energía.

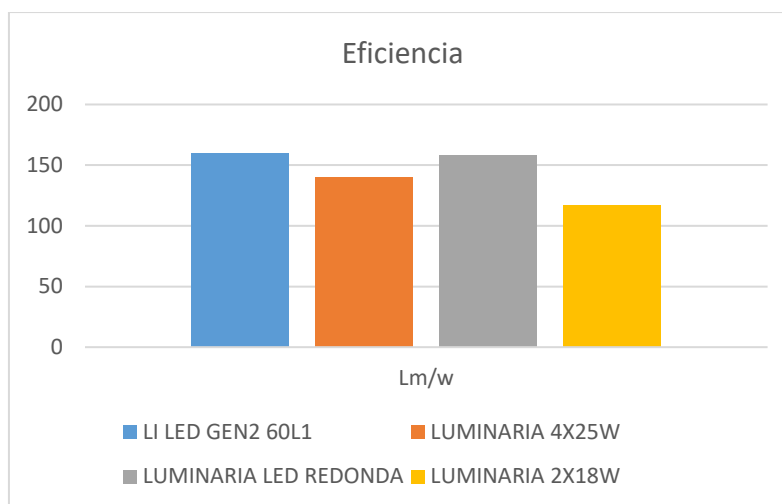


Figura 40. Eficiencia de luminarias

Fuente. Tomada de la empresa Vajillas Coro

7. Conclusiones

Se estima un ahorro de \$ 1,046,679 pesos mensuales, si se realizan las reformas recomendadas en el informe propuesto, como se evidencia en la gráfica continuación, donde la barra roja es el costo sin reformas y la barra verde es con las reformas propuestas.

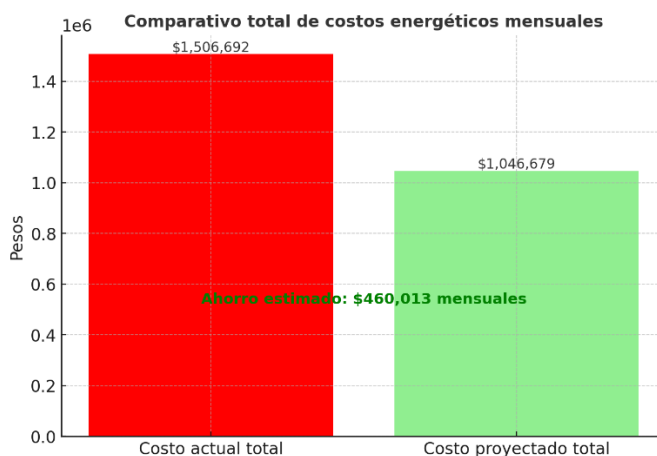


Figura 41. Ahorro mensual

Fuente: Diseño propio

Se estima un ahorro de \$ 5, 520,156 Millones de pesos anuales, si se realizan las reformas recomendadas en el informe propuesto, como se evidencia en la grafica continuación.

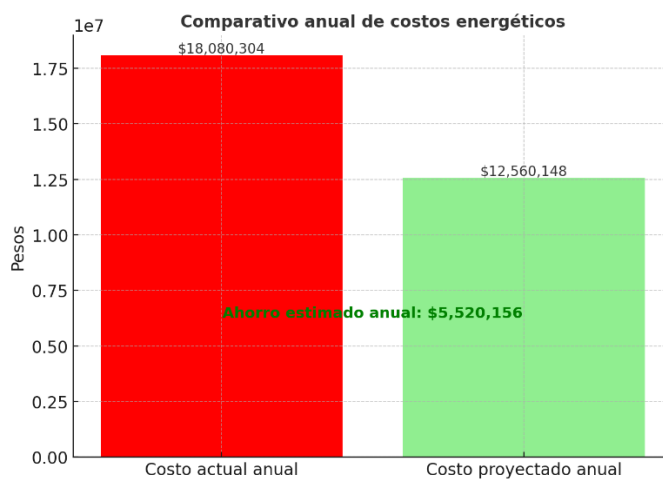


Figura 42. Ahorro anual

Fuente: Diseño propio

El circuito del horno 6 es uno de los cuales tiene más luminarias instalada sen el techo en la parte alta, donde la iluminación se puede apagar en horas solares ya que tiene traga luz en el techo siendo el circuito que puede proporcionar mayor ahorro si se efectuar un control sobre él.

8. Recomendaciones

Se recomienda que en el techo del área del Pasillo principal donde se encuentra ubicado el circuito “Pasillos y Automática” sea instalado en el techo varios traga luz, para aprovechar la radiación solar y poder dar más tiempo de apagado a las luminarias de esa zona que permanecen encendidas mucho tiempo.

Se recomienda diseñar un nuevo tablero de distribución ya que el actual esta muy desorganizado, esta muy pequeño para lo que ya se encuentra allí y para las futuras reformas que se tomaran si aceptan la propuesta de mejora, se necesita más amplio con nuevas protecciones ya que la idea es independizar circuitos.

Una nueva línea de trabajo se puede observar en la programación necesaria para controlar más autónomamente los circuitos propuestos con un controlador lógico el control de iluminación, que sea más riguroso controlando tiempos, señal de encendido de máquinas, sensores de presencia etc.

Se recomienda realizar una limpieza de las tejas plásticas en el horno 6 para que entre mas luz solar y se puede sacar ventaja de esta.

9. Referencias Bibliográficas

- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2015). ASHRAE/IES Standard 100-2015: Energy efficiency in existing buildings.
- Buitrago, V. O., & Buitrago, H. F. (2021). Indicadores clave de desempeño en proyectos del sector Oil & Gas. *Revista Nova et Vetera*, 33(90), 117–129.
- Corona. (2025). *Quiénes somos*. Obtenido de <https://empresa.corona.co/quienes-somos/>
- Gomez, L. E. (11 de Noviembre de 2022). *Slideshare*. Obtenido de VARIABLES ELECTRICAS: <https://es.slideshare.net/slideshow/variables-electricaspptx/254139077>
- International Organization for Standardization. (2014). ISO 50002:2014. *Energy audits — Requirements with guidance for use*. ISO.
- International Organization for Standardization. (2014). ISO 50006:2014. *Energy management systems — Measuring energy performance using energy baselines (EnBs) and energy performance indicators (EnPIs) — General principles and guidance*. ISO.
- International Organization for Standardization. (2018). ISO 50001:2018. *Energy management systems — Requirements with guidance for use*. ISO.
- Inycom. (s.f.). *Internet of the Things: Aplicaciones de la IoT para la industria energética*. Recuperado el 15 de 5 de 2025, de <https://inycomenergy.com/internet-of-the-things-aplicaciones-de-la-iot-para-la-industria-energetica>
- Ministerio de Hidrocarburos de Energías. (2022). *Guía para realizar una auditoría energética*. La Paz, Bolivia.
- Peñaranda, J. R. (14 de Julio de 2020). *Factor de Potencia*. Recuperado el 15 de 05 de 2025, de [Dielco Electric Systems: https://www.dielco.co/articulos/factor-potencia](https://www.dielco.co/articulos/factor-potencia)
- Secure, Alai. (2023). *Cómo IoT ayuda a mejorar la eficiencia energética: Beneficios*. Obtenido de <https://alaisecure.pe/blog/como-iot-ayuda-a-mejorar-la-eficiencia-energetica-beneficios/>
- Unidad de Planeación Minero Energética - UPME. (2022). *Programa de uso racional y eficiente de la energía - PROURE*. Obtenido de Plan de Acción Indicativo 2022–2030. Ministerio de Minas y Energía: <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/PROURE.aspx>

